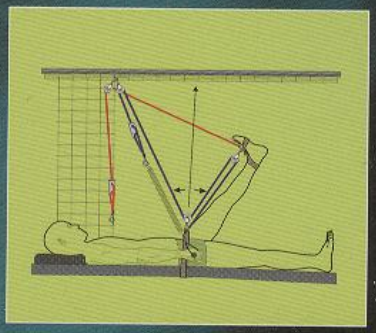
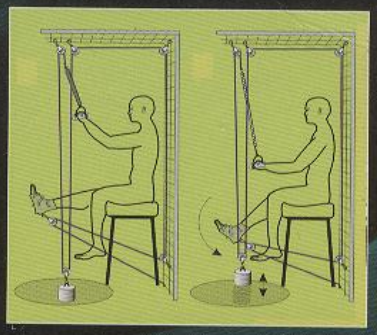




MONTAGES, SUSPENSIONS ET CIRCUITS EN KINÉSITHÉRAPIE

D. MORIAU

AMINE PHYSIQUE KINÉ
AMINE PHYSIQUE KINÉ
AMINE PHYSIQUE KINÉ
AMINE PHYSIQUE KINÉ
AMINE PHYSIQUE KINÉ
AMINE PHYSIQUE KINÉ
AMINE PHYSIQUE KINÉ
AMINE PHYSIQUE KINÉ
AMINE PHYSIQUE KINÉ

MALOINE

TABLE DES MATIÈRES

Introduction VII

LE MATÉRIEL ET L'INSTALLATION

1 LES PANNEAUX GRILLAGÉS 3

2 LES MOYENS DE FIXATION 8
- Élingues et courroies 8
- Sangles, bottines et poignées 10

3 LES CHARGES ET LES RÉSISTANCES 13

4 LES POULIES 15

5 LA TABLE 16

ASPECTS THÉORIQUES

1 ANALYSE DE LA DÉCOMPOSITION DES FORCES DANS UN CIRCUIT 19
- Exemple 1 : flexion-extension du bras 19
- Exemple 2 : abduction-adduction du membre inférieur 20

2 ANALYSE GRAPHIQUE DE LA TENSION SELON LA MODALITÉ D'EXÉCUTION DU MOUVEMENT 24

3 DÉCOMPOSITION DES FORCES LORS D'UNE SIMPLE SUSPENSION 25
- Exemple 1 : analyse graphique lors de l'inclinaison de la suspension 25
- Exemple 2 : analyse graphique lors de l'inclinaison du membre suspendu 27

4 ANALYSE DES FORCES INDUITES LORS DE L'EMPLOI DE RÉSISTANCES SOUPLES 29
- Rapports allongement-tension des ressorts 29
- Mode d'évaluation de la tension du ressort 30
- Compensation de la perte de rendement de la Cr grâce au degré d'étirement du ressort 31
- Usage combiné de poids et de ressorts 32
- Variation de la tension du circuit au cours du mouvement, induite par l'inertie du poids 33

5 ANALYSE DES FORCES INDUITES LORS DE L'EMPLOI DE POULIES 35
- La poulie fixe 35
- La poulie mobile 36
- Analyse comparative 37
- L'emploi combiné de résistances souples et de poulies 38
- Poulie mobile et brins divergents 39
- Analyse graphique de la décomposition des forces 40
- Fonction de recentrage de la poulie mobile sur le membre suspendu 44

6 CONCLUSION 45

LES MONTAGES

1 GÉNÉRALITÉS 49
- Précautions 49
- Utilisation des montages dans les tests articulaires et musculaires 50
- Le choix de la position du patient 53
- Élasticité musculaire et choix de la position du patient 54
- Variation de la charge résistante 55
- Effets proprioceptifs 59

INTRODUCTION

L'emploi de montages utilisant des suspensions et des circuits avec leurs nombreux accessoires tels que les sangles, les ressorts et les poulies, offre une aide très précieuse en kinésithérapie et ses disciplines apparentées.

Pourtant, une mauvaise réputation continue parfois à accompagner la pratique de tels montages. Il faut bien admettre que les termes de « mécanothérapie » ou de « pouliethérapie » ne donnent pas une image très subtile du contenu que l'on peut attendre des possibilités du matériel utilisé.

Enfermer les aides que peut nous procurer l'usage d'un type de matériel dans une appellation thérapeutique restreinte, c'est automatiquement l'exposer à la critique. Or, les divers montages que nous étudierons tout au long de ce manuel sont autant d'outils supplémentaires dans notre pratique quotidienne que nous utiliserons si, et seulement si, ils nous apportent un avantage.

Cet avantage peut être qualitatif ou quantitatif. Il est quantitatif quand il permet de faire effectuer des séances sans la présence permanente du praticien. Pourquoi se priver, par exemple, d'un simple montage facilement exportable en chambre d'hôpital, si cela peut permettre à un patient alité d'effectuer à plusieurs reprises au cours de la journée des exercices circulatoires, de mobilisation ou de musculation ?

L'avantage est qualitatif lorsqu'il facilite ou améliore un geste manuel. Ce sera le cas, par exemple, lors d'une mobilisation de la colonne cervicale en couché dorsal, où la prise en charge de la tête par une suspension souple permettra d'obtenir plus facilement une relaxation musculaire puis une mobilisation où le praticien pourra adjoindre une sollicitation manuelle corrective sur la colonne cervicale, celle-ci étant libérée des contraintes de la pesanteur et pouvant se mobiliser dans les différents plans de l'espace.

Par ailleurs, l'usage d'accessoires tels que les ressorts permet d'obtenir des sollicitations en décoaptation ou en recentrage articulaire, grâce à une progression en intensité parfaitement linéaire et répétitive de ces sollicitations.

Il semble également qu'une certaine difficulté de compréhension des montages contribue à une opposition – presque transformée en combat idéologique – de la part de certains. Nous espérons que ceux-là changeront d'opinion après la lecture de cet ouvrage.

Quant à l'aspect pédagogique, il nous a paru plus opportun d'insister sur les bases essentielles des principes de différents montages à l'aide de quelques exemples, ceci à l'aide de nombreuses illustrations, de manière à ce que le praticien puisse les transférer dans son domaine de compétences, avec l'adaptation nécessaire que cela suppose, au vu du champ extrêmement vaste dans lequel évolue une kinésithérapie moderne.

Le manuel est volontairement limité à l'utilisation générale des suspensions et des circuits appliqués en cage de Rocher ou à l'aide d'un espalier disposant d'un plafonnier, ou encore des possibilités que l'on peut adapter en chambre d'hôpital ou à domicile. Par contre, nous ne ferons pas l'étude de matériels plus spécifiques qui font l'objet de publications ciblées, telles que les suspensions-tractions dans le cadre de scolioses, les

différents appareils de tonification destinés à des groupes musculaires précis, ou encore les tablettes spécialisées pour le pied ou la main. Cependant, cet ouvrage pourra offrir les prérequis souhaitables pour la lecture de la littérature plus spécialisée. Certains montages décrits au cours de cet ouvrage sont très largement pratiqués dans les centres de rééducation, d'autres beaucoup moins, voire exceptionnellement. Parfois même, leur présence ne se justifie que pour des raisons pédagogiques parce qu'ils donnent un éclairage intéressant sur l'une ou l'autre particularité qui pourra souvent être extrapolée par ailleurs.

Nous invitons le lecteur à considérer ce manuel comme un ensemble cohérent, dont chaque partie vise à faciliter la compréhension de la suivante. Pour cette raison, nous en recommandons vivement une lecture intégrale. Dans la mesure du possible, l'étudiant testera sur lui-même les différents montages décrits afin d'en ressentir au mieux les effets.

LE MATÉRIEL ET L'INSTALLATION

1 LES PANNEAUX GRILLAGÉS

La cage de Rocher est l'outil de choix pour la réalisation de la plupart des montages. Elle se compose d'une série de panneaux grillagés, de dimensions générales proches d'1 mètre sur 2, que l'on peut assembler pour former une structure couvrant une surface plus ou moins étendue et offrant de nombreux points utiles pour l'accrochage des différents montages et des accessoires. Une cage complète est formée de 8 panneaux disposés en forme de U horizontal et d'un plafonnier. L'ensemble permet de travailler confortablement sans avoir à orienter la position du patient en fonction des parois disponibles.

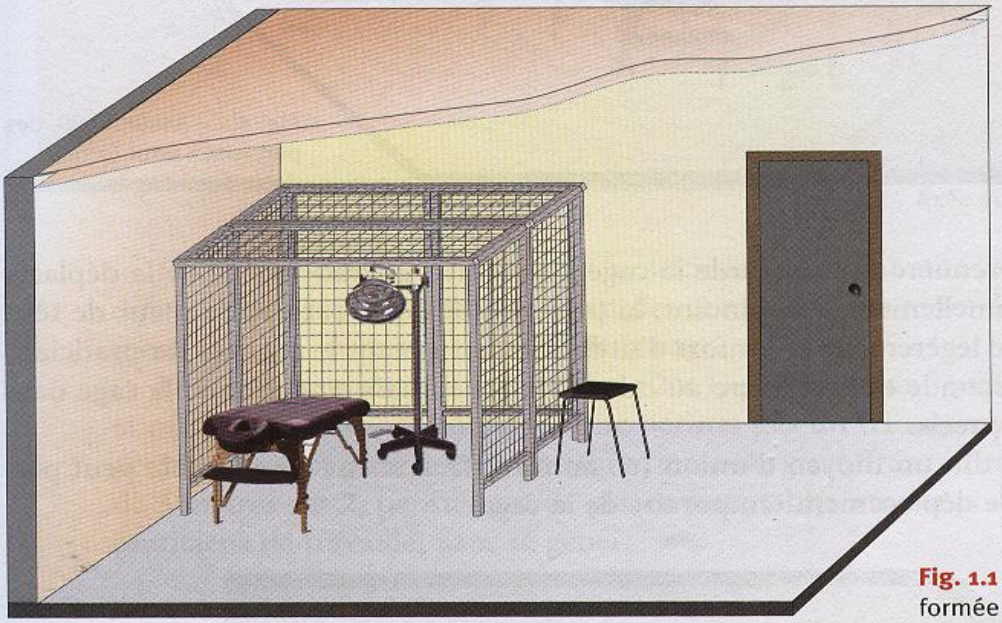


Fig. 1.1 – Cage complète formée de 8 panneaux.

Avec 6 panneaux, on peut créer deux demi-cages, une paroi mitoyenne étant partagée pour les deux côtés.

Les deux entités forment alors des cages en L, permettant d'obtenir un espace plus important autour de la table. Cependant, la configuration peut parfois être limitative dans l'élaboration des montages qui nécessitent une paroi controlatérale. Néanmoins, si l'espace est suffisant, on peut résoudre la situation en plaçant la table en biais.

Les cages en L doivent être dotées d'une consolidation au niveau de leur plafonnier, soit par une barre oblique, faisant partie du kit de montage, soit par une fixation au plafond de la pièce (*cf.* détails en annexe).

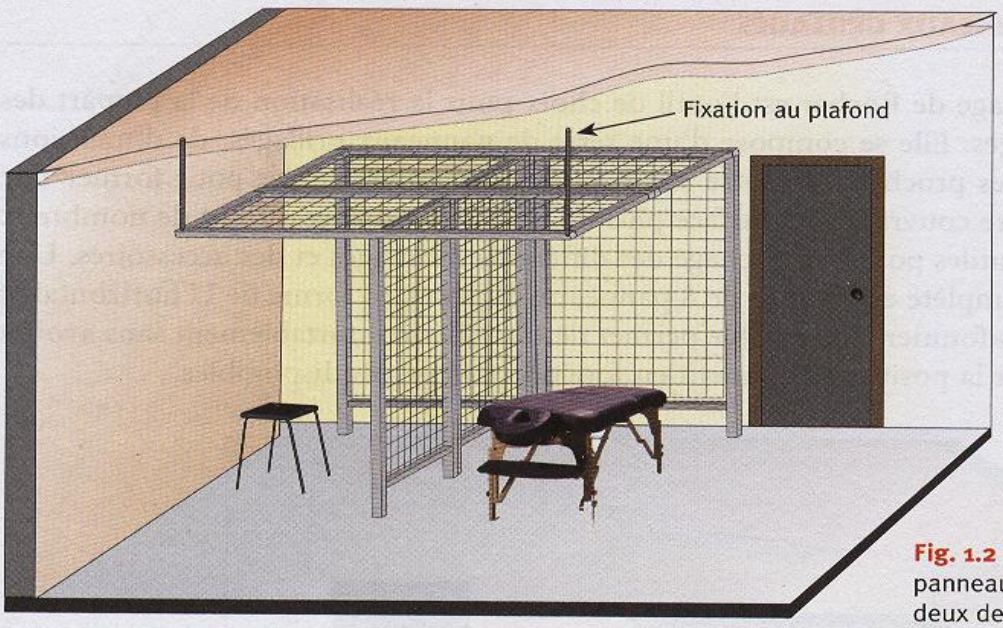


Fig. 1.2 – Assemblage des panneaux pour former deux demi-cages.

La première option garde la cage autonome, ce qui permet de la déplacer occasionnellement. Néanmoins, la présence de cette barre, à hauteur de tête, diminue légèrement le confort d'utilisation en gênant le passage du praticien.

La seconde option libère au mieux l'espace, mais emprisonne la cage dans un lieu précis.

Ceci dit, un moyen d'union (*cf.* annexe) facilement démontable peut permettre le déplacement temporaire de la cage.

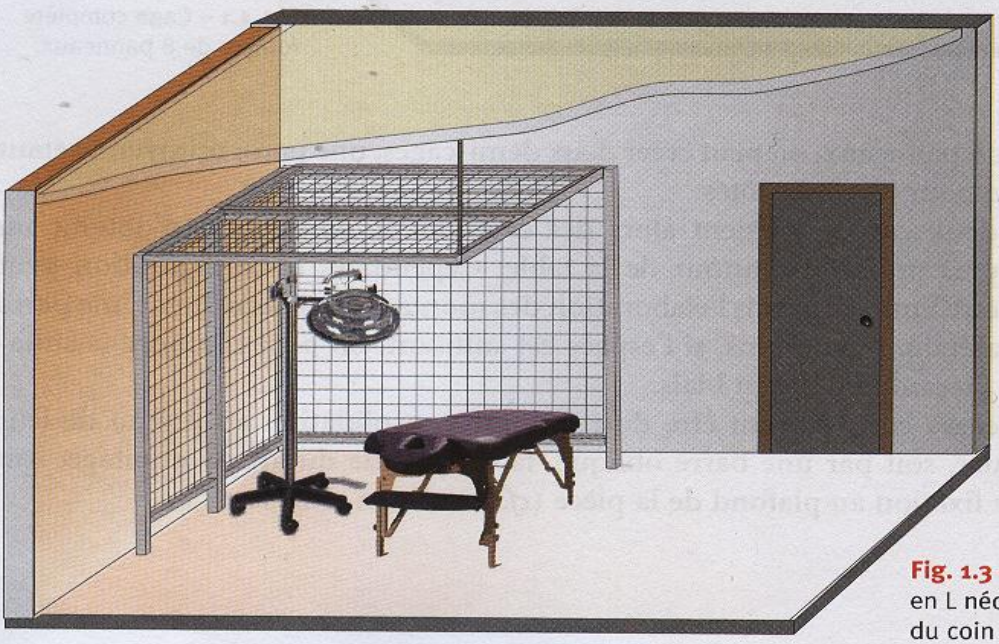


Fig. 1.3 – La grande cage en L nécessite une fixation du coin libre au plafond.

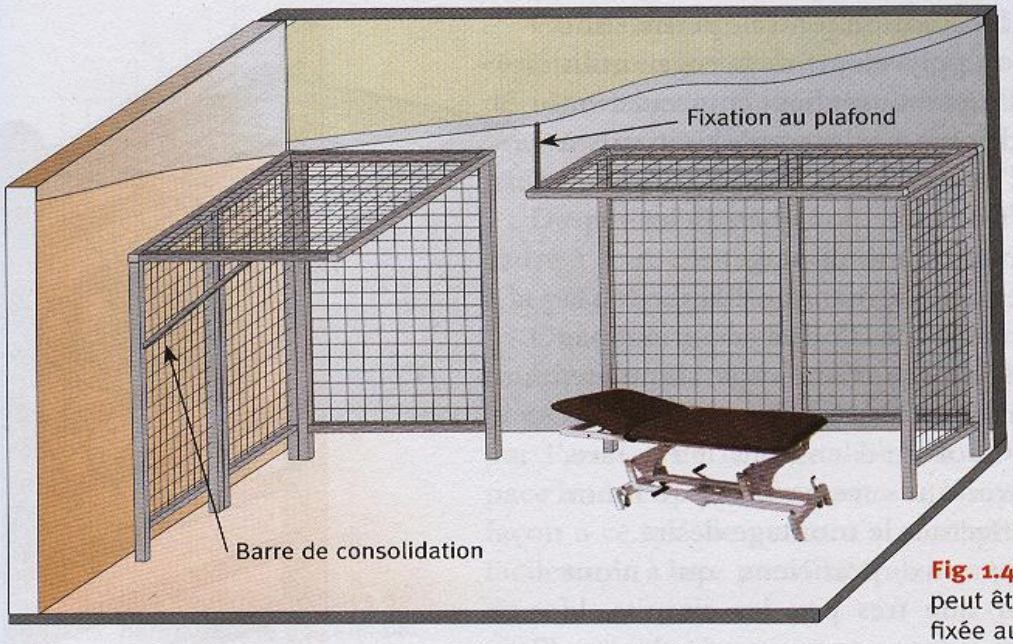


Fig. 1.4 – La demi-cage peut être autonome ou fixée au plafond.

Dans les centres où plusieurs praticiens partagent une même salle, des espaces plus importants permettent des configurations assez diverses, notamment avec un placement central de la cage.

Une cage complète (8 panneaux de 2 × 1) peut être configurée différemment et offrir 3 demi-cages. Si l'espace ne permet pas un tel assemblage ouvert, on peut aussi opter pour la cage classique, mais élargie, offrant alors les dimensions de 3 mètres sur 2, permettant de placer deux tables avec la possibilité pour les praticiens de travailler sans se gêner.

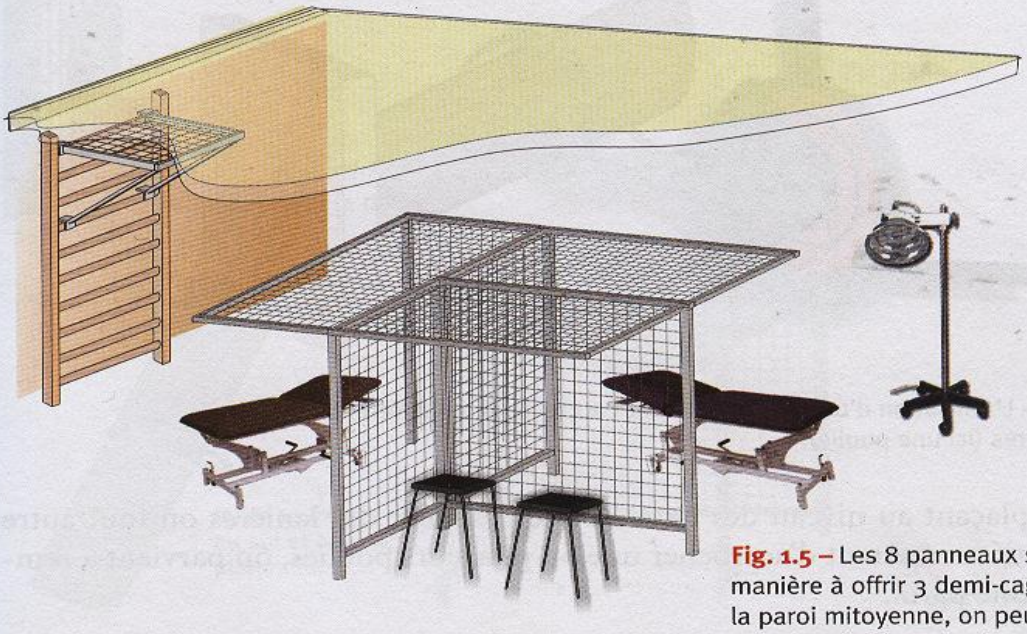


Fig. 1.5 – Les 8 panneaux sont assemblés de manière à offrir 3 demi-cages. En déplaçant la paroi mitoyenne, on peut aussi partager une grande et une petite cage en L.

Une localisation centrale permet une utilisation polyvalente de la cage : utilisation d'un tabouret haut (musculation du quadriceps par exemple), circuits à partir d'une position debout, déplacement d'une table pour bénéficier temporairement d'un montage, *etc.*

Cependant, le manque d'espace ou la fonctionnalité de la pièce ne permet pas toujours la pose d'une cage complète. Il faut alors choisir une autre configuration. Quoi qu'il en soit, il est rare, même avec une cage partielle, qu'on ne puisse effectuer le montage désiré.

Quant aux praticiens qui n'ont à utiliser que très peu les circuits, le simple panneau, conçu pour s'accrocher à un espalier, offre des possibilités assez diverses.

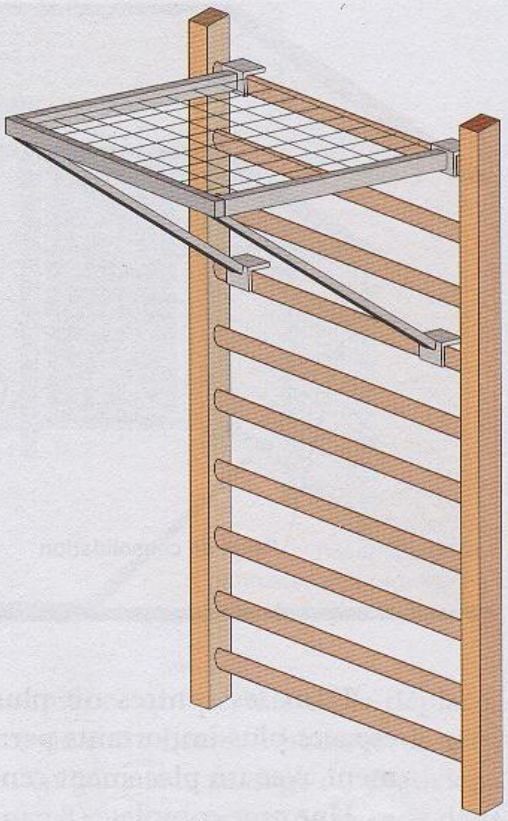


Fig. 1.6 – Panneau en applique pour espalier.

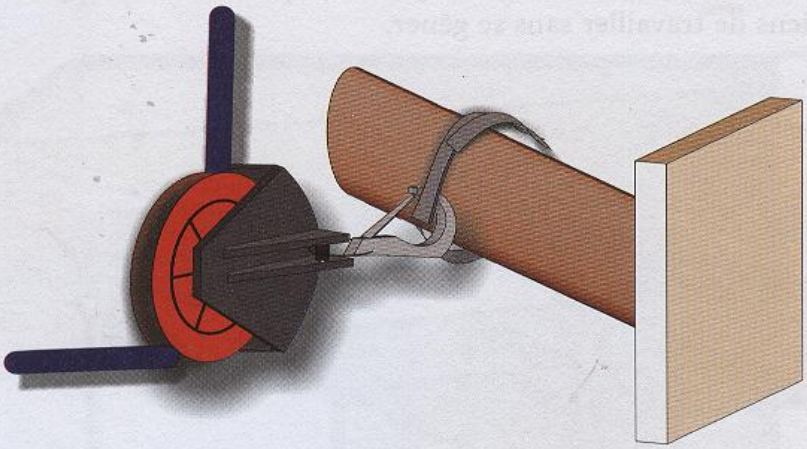


Fig. 1.7 – L'utilisation d'une lanière permet l'accrochage de différents accessoires (ici une poulie).

En plaçant au niveau des barreaux de l'espalier des lanières ou tout autre dispositif permettant d'accrocher une ou plusieurs poulies, on parvient à remplacer une paroi.

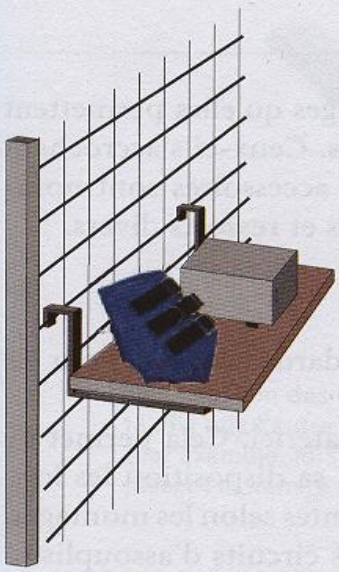


Fig. 1.8 – Des équerres, munies de crochets, permettent le placement aisé d'étagères aux endroits désirés des panneaux grillagés.

Parfois même, l'espalier permet la réalisation de certains exercices spécifiques en position debout, lors de mouvements globaux avec des mouvements des bras en position haute, offrant alors davantage d'espace qu'une cage.

De petites étagères, qui s'accrochent comme un cadre à tout endroit utile de la cage, pourront servir à la pose de différents accessoires.

On peut accrocher de la même façon un bloc multiprises électrique, fixé préalablement sur une planchette, de manière à faire passer l'alimentation par l'arrière de la cage, libérant au maximum l'espace intérieur. En adaptant une lampe infrarouge, de façon à ce qu'elle puisse s'accrocher (et se déplacer) facilement à une paroi latérale, on gagne de l'espace au sol.

Si on a opté pour une cage en L, on peut palier l'inconvénient résultant du manque de paroi contro-latérale par la mise en place d'un joker, que l'on pourra monter et démonter très rapidement, permettant l'accrochage d'élingues ou de poulies. Un point de fixation au sol doit être prévu à cet effet. Celui-ci peut, par ailleurs, servir occasionnellement de point d'accrochage isolé pour une poulie (plus de détails dans la partie « Annexe »).

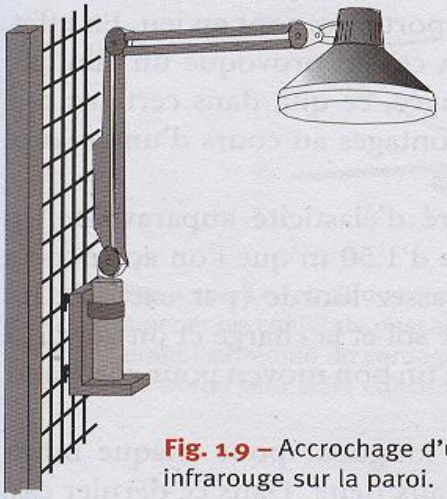


Fig. 1.9 – Accrochage d'une lampe infrarouge sur la paroi.

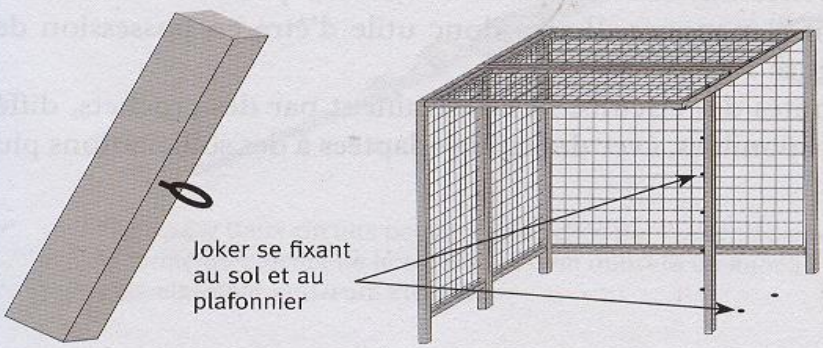


Fig. 1.10 – Joker permettant l'accrochage d'accessoires.

2 LES MOYENS DE FIXATION

Les parois formant la cage peuvent, outre les montages qu'elles permettent de réaliser, servir de support pour les divers accessoires. Ceux-ci s'accrochent par l'intermédiaire de crochets de diverses tailles. Ces accessoires sont nombreux : élingues, circuits, poulies, sangles, corsets, poids et ressorts divers.

ÉLINGUES ET COURROIES

Le cordage est généralement livré en longueurs standards : courtes pour les suspensions, longues pour les circuits.

Il ne faut pas hésiter à acquérir en suffisance ce matériel. Cela permet de gagner un temps appréciable en ayant constamment à sa disposition les longueurs voulues, celles-ci pouvant être parfois fort différentes selon les montages. De plus, hormis les simples élingues de suspension, les circuits d'assouplissement ou de musculation, le cordage peut aussi servir de circuit d'arrêt, de mise en tension d'un circuit, ou tout simplement comme élément de repère.

Certains montages nécessitent des longueurs assez importantes. Il peut être donc très utile de garder en réserve des rouleaux avec lesquels on pourra confectionner soi-même les circuits souhaités. Il faut toutefois prêter attention à la qualité du matériau, dès lors que des charges importantes sont en jeu. En effet, le cordage possède un certain degré d'élasticité, ce qui provoque un allongement lorsqu'il est soumis à une tension prolongée, ce qui, dans certains cas, modifie significativement les paramètres des montages au cours d'une séance d'utilisation.

Il est donc préférable de contrôler ce degré d'élasticité auparavant. Un simple test consiste à confectionner une élingue d'1,50 m que l'on accrochera au plafonnier, puis d'y suspendre une charge assez lourde (par exemple un poids de 10 kg). On calculera la distance entre le sol et la charge et on vérifiera cette longueur une demi-heure plus tard. Ce sera un bon moyen pour comparer la qualité de différents matériaux de cordages.

Le tendeur permet d'ajuster rapidement la longueur pour chaque montage. Celui-ci se place soit à une extrémité, soit aux deux. Dans ce dernier cas, le réglage est plus commode mais, parfois, le tendeur peut être indésirable lorsque l'espace vient à manquer. Il sera donc utile d'être en possession des deux modèles (*cf.* figure 1.11).

Quant aux extrémités des circuits, ils se terminent par des crochets, différents modèles sont disponibles, avec des tailles adaptées à des sollicitations plus ou moins puissantes.

Fig. 1.11 – Un des crochets d'extrémité se place généralement simplement en bout de circuit tandis que l'autre glisse dans une boucle reprise par le tendeur. Si l'espace vient à manquer (par exemple, lors de l'accrochage d'un ressort entre le plafonnier et le patient), on choisira de placer l'extrémité sans tendeur pour gagner quelques centimètres.

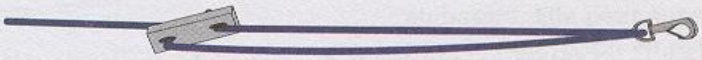


Fig. 1.12 – En faisant glisser le tendeur vers l'intérieur du circuit, le cordage se dédouble entre le crochet et le tendeur, ce qui raccourcit le circuit.

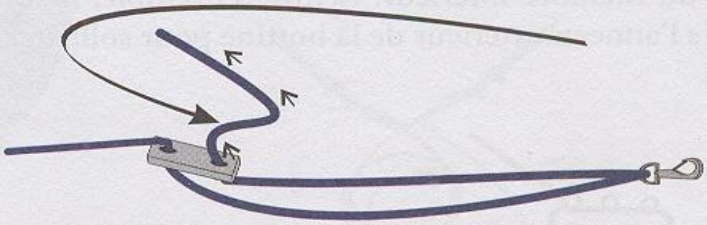


Fig. 1.13 – Le retrait du tendeur nécessaire pour le réglage en longueur peut rapidement amener un conflit de passage du circuit vers une poulie. Il faut alors raccourcir le circuit en tirant l'extrémité du cordage libre du tendeur afin de repositionner le tendeur favorablement. Un nœud sera alors effectué pour fixer le réglage.

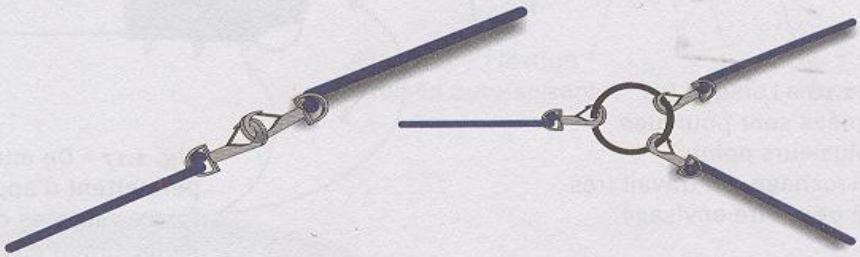


Fig. 1.14 – Deux circuits peuvent être reliés par l'intermédiaire de leurs crochets. Cependant, si la forme du crochet ne le permet pas, on utilisera un anneau distributeur qui permet de relier plus aisément plusieurs éléments.

SANGLES, BOTTINES ET POIGNÉES

Des lanières de différentes largeurs et longueurs (type fermeture scratch) permettent de nombreux usages : fixations multiples au niveau d'un membre, sollicitation en traction d'un niveau vertébral, attache d'une poulie ou tout autre accessoire à une structure de la table, de l'espalier, *etc.*

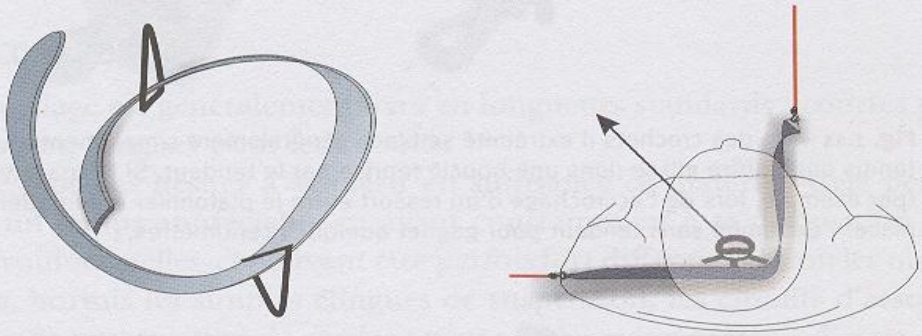


Fig. 1.15 – Lanière permettant la fixation ou la suspension d'un membre.

Au niveau du pied, une bottine souple est munie de plusieurs anneaux permettant l'accrochage de circuits, de poids, de ressorts. Elle permet aussi la suspension du membre inférieur. À titre d'exemple, il suffit de placer la suspension vers l'anneau extérieur de la bottine pour solliciter en rotation interne le membre.

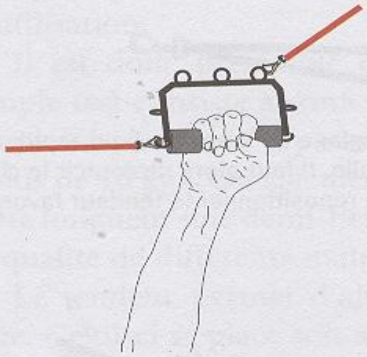


Fig. 1.16 – Lorsque les poignées sont pourvues de plusieurs points d'accrochage, un travail très varié peut être envisagé.

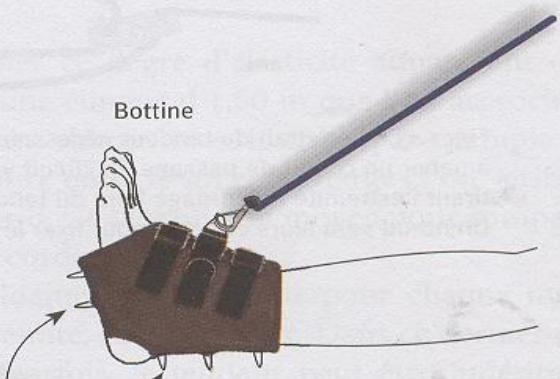


Fig. 1.17 – De multiples anneaux permettent d'appliquer des forces centrées ou décentrées (sollicitation en rotation).

Les sangles sont de tailles et de formes diverses : larges pour la suspension du tronc ou du bassin, moyennes pour celle des membres, et petites, parfois sous formes de lanières, pour la prise en charge des extrémités des membres.

Certaines sangles sont conçues pour fixer plus fermement un membre : sangles par fixation croisée ou sangle élastique par fermeture scratch.

Enfin, les extrémités des membres nécessitent souvent des accessoires sous forme de bracelets, de gants ou de bottines.

Fig. 1.18 – Sangle polyvalente.

Fig. 1.19 – Sangle destinée au tronc ou au bassin. Elle peut aussi être utilisée pour le nourrisson en psychomotricité.

Fig. 1.20 – Une extrémité s'insère dans la fente de la sangle assurant l'auto-serrage du membre lors de la fixation croisée.

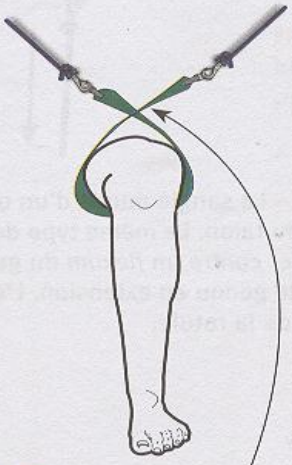


Fig. 1.21 – Fixation croisée auto-serrante.

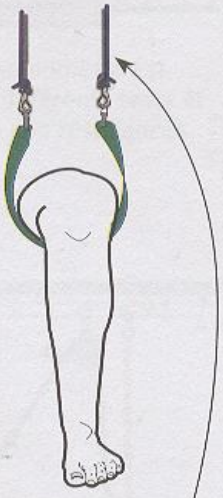


Fig. 1.22 – Fixation simple.

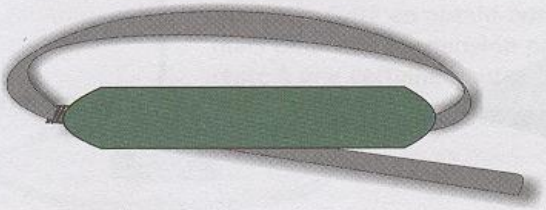


Fig. 1.23 – Sangle permettant la fixation du bassin ou du tronc à la table de rééducation.

Fig. 1.24 – Sangle pour fixation lombaire.

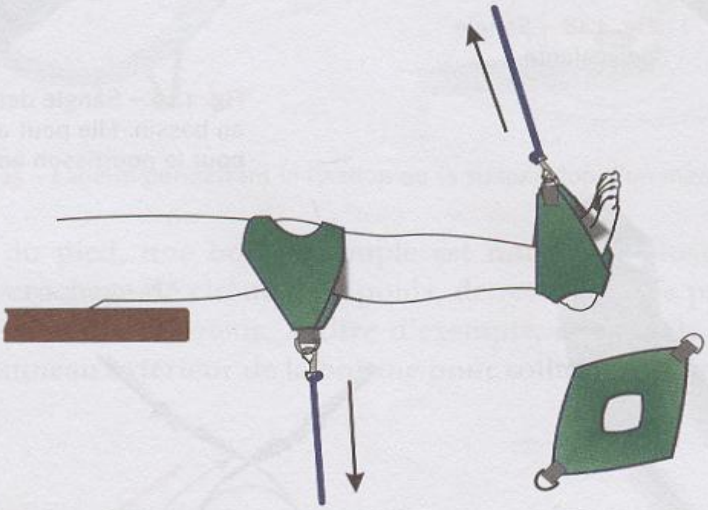


Fig. 1.25 – La sangle munie d'un orifice central permet la pose du talon. Le même type de sangle est aussi utilisé pour lutter contre un *flexum* du genou dans des montages tractant le genou en extension. L'orifice préserve une mobilité de la rotule.

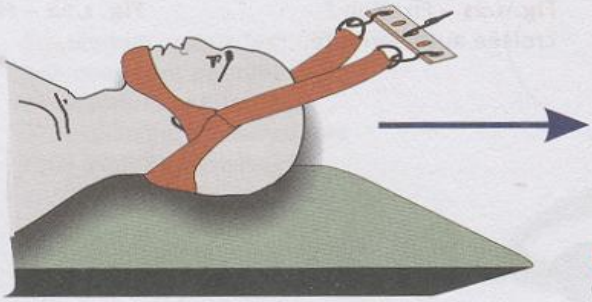


Fig. 1.26 – Divers types de colliers sont dédiés aux tractions cervicales.

3 LES CHARGES ET LES RÉSISTANCES

Les charges sont conçues pour être appliquées en charge directe ou en extrémité d'un circuit.

Lorsqu'elles sont appliquées directement à l'extrémité d'un membre, c'est généralement par l'intermédiaire d'une poignée (pour le membre supérieur) ou d'une bottine (membre inférieur). Certaines charges peuvent également être appliquées sous forme de bracelets lestés. Nous verrons particulièrement l'utilité de ces derniers dans les suspensions sur plans obliques.

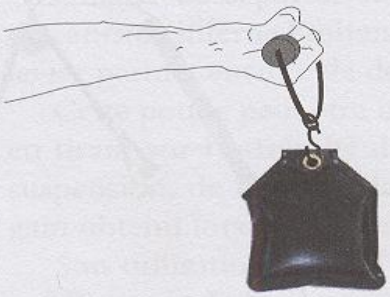


Fig. 1.27 – Les charges sont fréquemment étalonnées de 250 grammes à 10 kg. En les combinant, on peut obtenir la valeur désirée.

Fig. 1.28 – L'usage de bracelets lestés est très pratique, mais est surtout valable pour des charges peu importantes.

Fig. 1.29 – Un dynamomètre est bien utile lors de différents tests et permet le réglage des résistances.

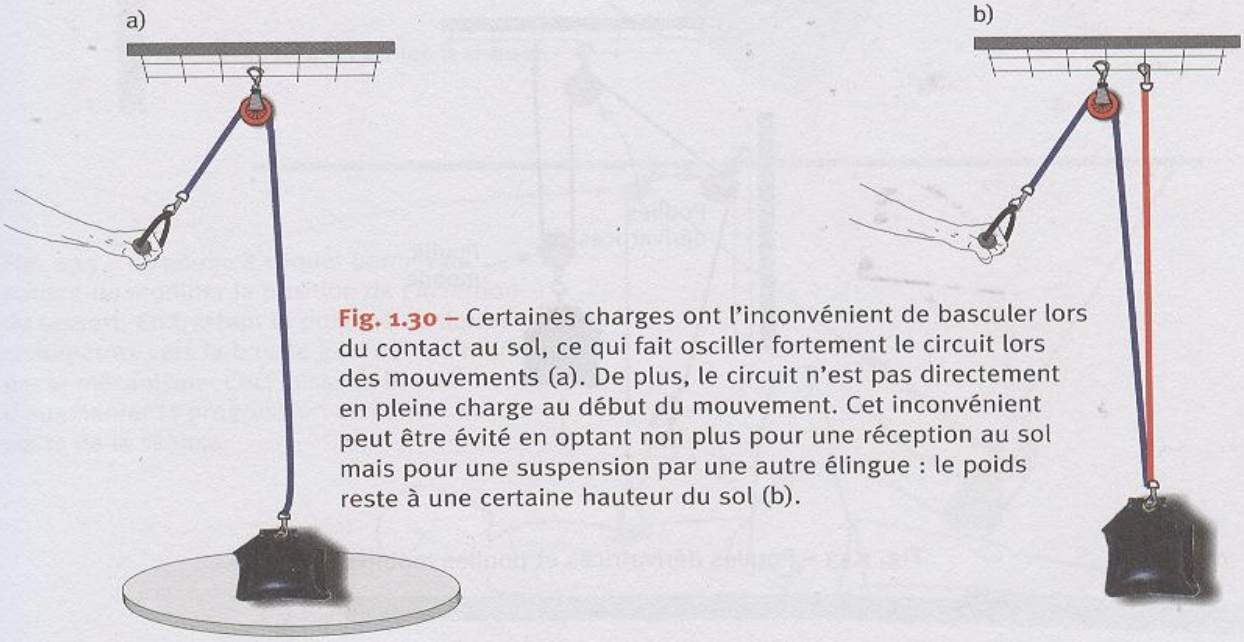


Fig. 1.30 – Certaines charges ont l'inconvénient de basculer lors du contact au sol, ce qui fait osciller fortement le circuit lors des mouvements (a). De plus, le circuit n'est pas directement en pleine charge au début du mouvement. Cet inconvénient peut être évité en optant non plus pour une réception au sol mais pour une suspension par une autre élingue : le poids reste à une certaine hauteur du sol (b).

Les résistances peuvent être également obtenues à l'aide de ressorts ou de bandes élastiques. Obtenir leur allongement nécessite une certaine tension de sens opposé au niveau de leurs extrémités. Cette tension par rapport à l'allongement obtenu sert d'étalonnage.

Ces structures élastiques sont utiles aussi bien dans les montages de suspension que pour fournir une résistance progressive dans un circuit.

Nous étudierons les aspects comparatifs entre charges fixes et élastiques au cours des pages suivantes.

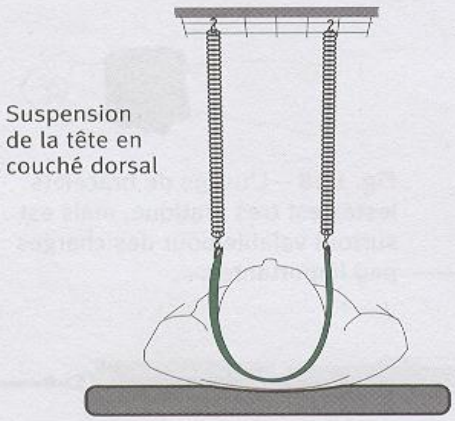


Fig. 1.31 – La suspension souple permet toute une série d'exercices de relaxation et de mobilisation.

Fig. 1.32 – Le ressort (tout comme une charge fixe) peut être fixé directement sur l'extrémité d'une partie du corps, ou par l'intermédiaire d'un circuit.

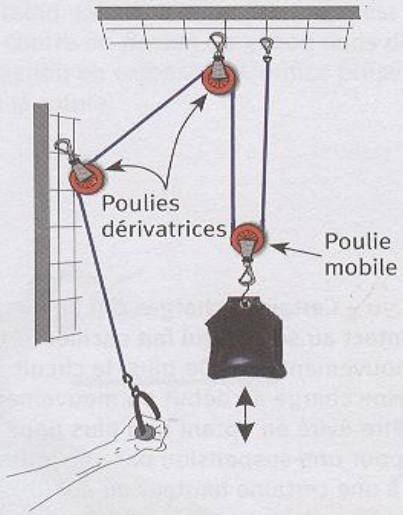


Fig. 1.33 – Poulies dérivatrices et poulies mobiles.

4 LES POULIES

Les poulies servent à dévier les circuits entre différentes parties du corps ou des parois.

Elles permettent aussi, lorsqu'elles sont utilisées en tant que poulies mobiles, de créer un circuit secondaire avec une tension différente (étude pages suivantes).

Certains modèles sont conçus pour insérer très rapidement le cordage. D'autres sont prévus pour résister en toute sécurité à des charges très importantes (pour la musculation puissante par exemple).

On peut aussi parfois faire usage d'une poulie à cliquet. Celle-ci dispose d'un mécanisme interne limitant sa rotation dans un seul sens (figure 1.34). Un petit levier permet ensuite de débloquer le cliquet, de manière à libérer la corde.

Cette poulie peut être utilisée en diverses occasions. Elle permet au patient, en tirant sur l'extrémité du circuit, de modifier le réglage en longueur d'une suspension, de modifier la résistance d'un circuit, ou encore de maintenir le gain obtenu lors d'un exercice assouplissant.

Son utilisation est une alternative au réglage de la longueur d'un montage par l'intermédiaire du tendeur.

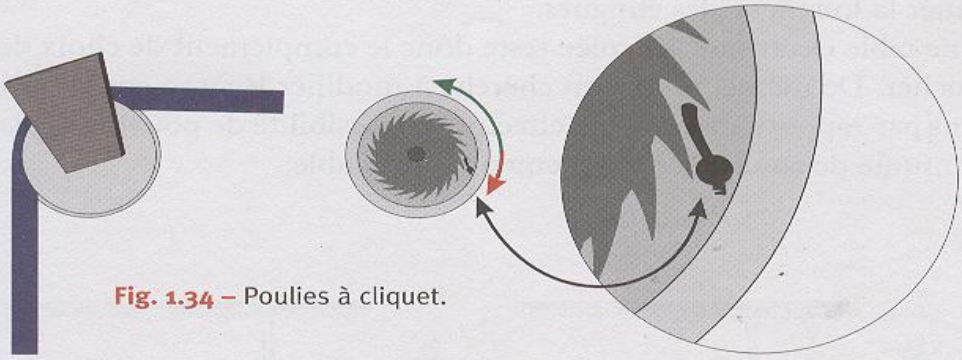


Fig. 1.34 – Poulies à cliquet.

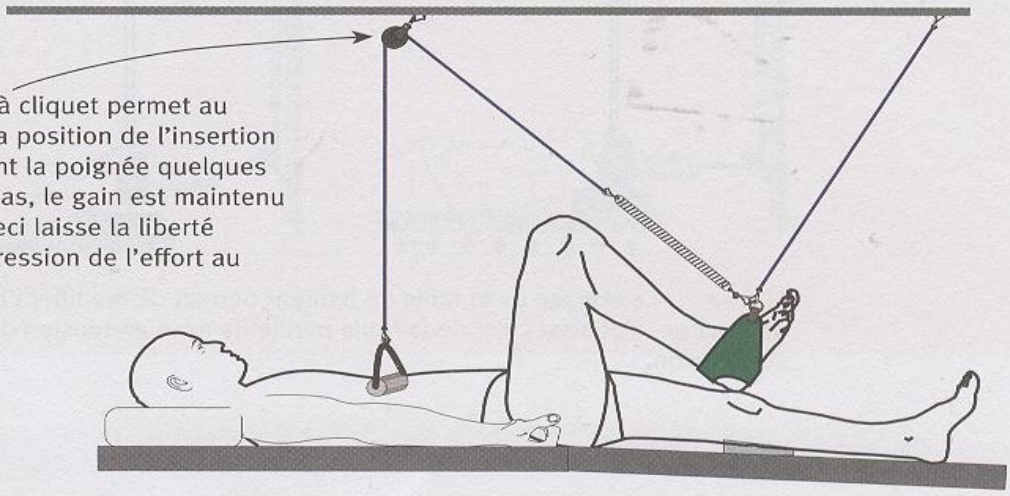


Fig. 1.35 – La poulie à cliquet permet au patient de modifier la position de l'insertion du ressort. En tractant la poignée quelques centimètres vers le bas, le gain est maintenu par le mécanisme. Ceci laisse la liberté d'augmenter la progression de l'effort au cours de la séance.

5 LA TABLE

Certaines tables, même si elles se font de plus en plus rares, sont spécialement conçues pour travailler avec une cage de Rocher. Leur plan d'appui est constitué d'une succession de règles en bois disposées de manière à ce que des rainures permettent l'insertion d'attaches pour les sangles et les poulies. Ces tables peuvent rencontrer les nécessités de certains praticiens dans le cadre de montages précisément adaptés à leurs besoins. Elles satisfont beaucoup moins la plupart des installations où le confort et les possibilités d'articulation des différents éléments priment.

Une table électrique, hormis l'avantage indéniable de faciliter la mise en place du patient, offre de plus un atout substantiel dans l'exécution de certains gestes.

Ainsi, lors d'une traction cervicale par exemple, il est plus facile d'ajuster la longueur des élingues de suspension de manière telle que ce soit finalement l'abaissement de la table électrique de quelques centimètres qui réalise effectivement la suspension de la tête (*cf.* figure 1.36).

Par ailleurs, lors d'une traction cervicale, l'élévation ou l'abaissement de la table électrique peut modifier en douceur l'angle de traction, sans devoir modifier la longueur des élingues.

Une table électrique articulée reste donc le complément de choix de la cage de Rocher. De même, lorsqu'on cherche à modifier légèrement la position du patient par rapport au montage effectué, la possibilité de pouvoir déplacer une table munie de roulettes est également appréciable.

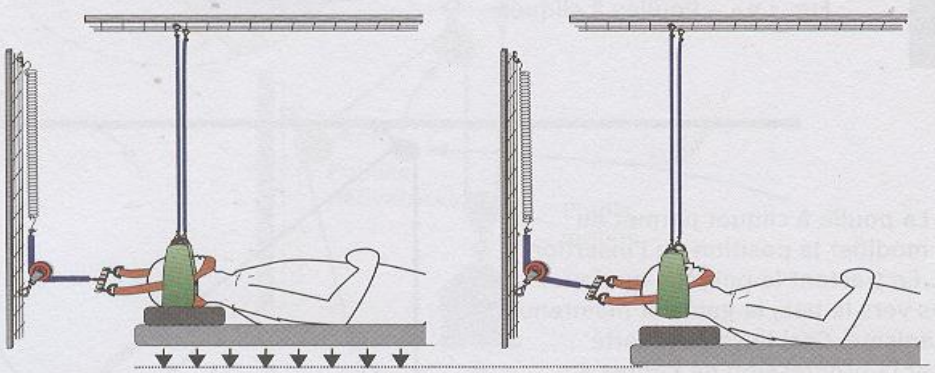


Fig. 1.36 – Le réglage de la table en hauteur permet de modifier l'angle de traction. L'abaissement de la table permet la mise en tension de la suspension.

ASPECTS THÉORIQUES

1 ANALYSE DE LA DÉCOMPOSITION DES FORCES DANS UN CIRCUIT

EXEMPLE 1 : FLEXION-EXTENSION DU BRAS

Que ce soit au sein d'une suspension ou d'un circuit, la tension issue d'une résistance ou du poids d'un membre se décompose en une composante dite de rotation (que nous noterons Cr), et une composante longitudinale (que nous noterons Cl).

Analysons la situation montrée dans la figure 2.1 avec un circuit simple concernant l'abaissement du bras, celui-ci s'opposant à une résistance fournie par le poids d'une charge en bout de circuit.

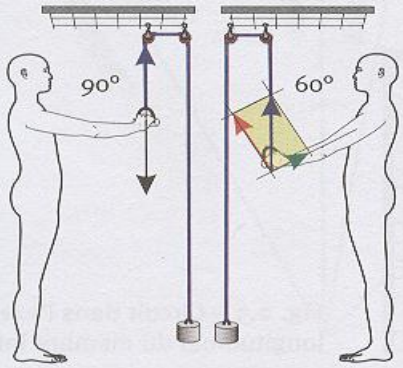


Fig. 2.1 – À gauche, le circuit fixé à la poignée a une direction de 90° par rapport à l'axe du membre supérieur ; à droite, il est fixé à 60°.

À 90°, la tension dans l'élingue est intégralement retransmise, le membre supérieur devra exercer une force équivalente en sens inverse. Hors équerre, l'obliquité de l'élingue fait apparaître la décomposition des forces (*cf.* figure 2.2), que l'on peut facilement construire en dessinant un rectangle de manière telle que sa diagonale représente le vecteur de la tension de l'élingue (T).

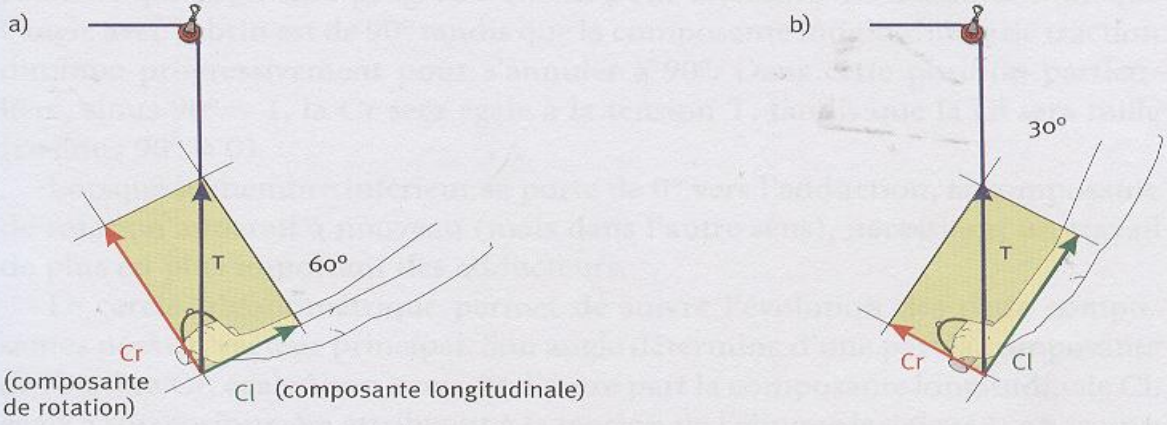


Fig. 2.2 – Analyse de la décomposition des forces. – a) La corde forme un angle de 60° par rapport à l'axe du membre supérieur. – b) La corde forme un angle de 30° par rapport à l'axe du membre supérieur.

Le côté du rectangle perpendiculaire au membre représente la composante de rotation (force qui provoque la rotation du membre autour de l'épaule dans le plan parasagittal, ici la flexion du bras).

Le côté du rectangle parallèle au membre représente la composante longitudinale (force qui provoque dans l'axe du membre une pression ou une traction selon son sens).

EXEMPLE 2 : ABDUCTION-ADDUCTION DU MEMBRE INFÉRIEUR

Voyons à présent un exemple similaire.

Construisons un montage avec un circuit placé dans l'axe du membre inférieur, accroché à une bottine au pied, et, en bout de circuit, un poids induisant une tension constante dans la corde.

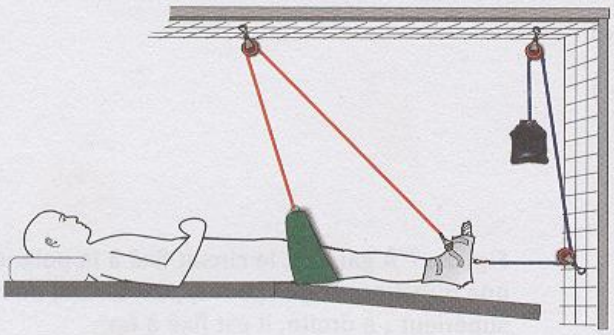


Fig. 2.3 – Circuit dans l'axe longitudinal du membre inférieur.

Cette tension reste donc identique (elle vaut toujours la valeur du poids suspendu en bout de circuit) quelle que soit la position du membre.

Observons l'évolution des composantes lors du mouvement d'abduction et d'adduction que réalise le patient.

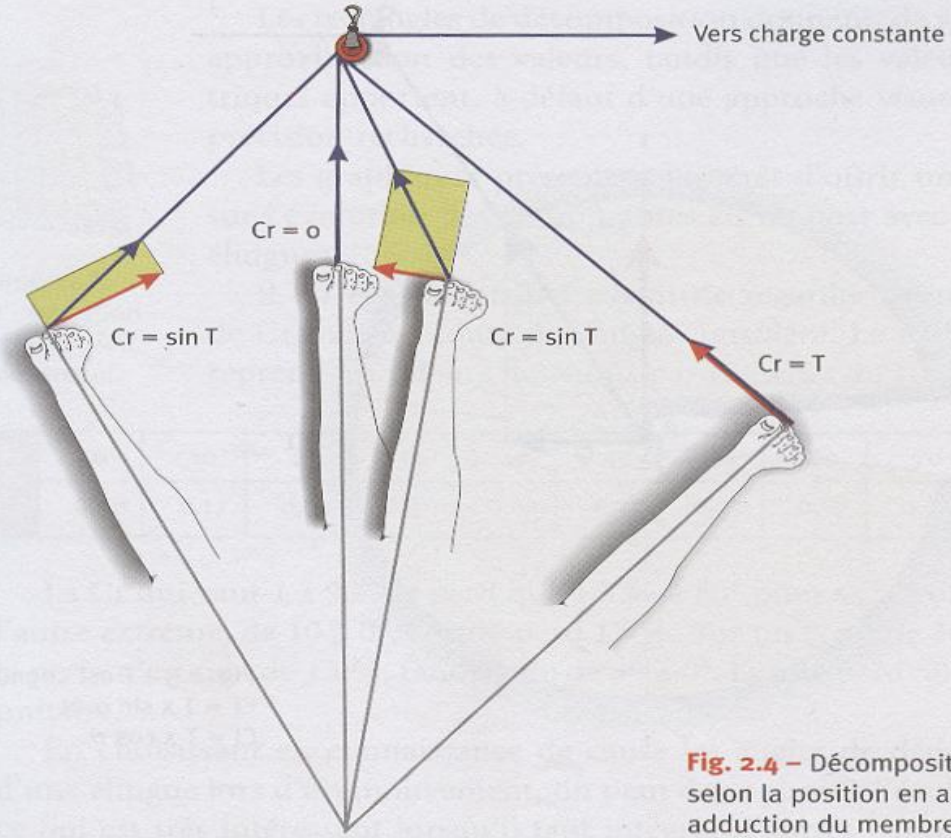


Fig. 2.4 – Décomposition des forces selon la position en abduction ou en adduction du membre inférieur.

L'analyse nous montre qu'en position centrale, le membre inférieur est dans l'axe de la poulie de dérivation : la tension du circuit est égale à la composante longitudinale de traction et aucune composante de rotation n'est présente, ce qui explique que la jambe, sans effort, tend à rester en position médiane. Lorsque les muscles abducteurs provoquent un mouvement, la tension du circuit (celle du poids placé à son extrémité) se décompose en une composante de rotation qui augmente progressivement pour atteindre un maximum lorsque l'angle avec le brin est de 90° tandis que la composante longitudinale de traction diminue progressivement pour s'annuler à 90°. Dans cette position particulière, sinus 90° = 1, la Cr sera égale à la tension T, tandis que la Cl sera nulle (cosinus 90° = 0).

Lorsque le membre inférieur se porte de 0° vers l'adduction, la composante de rotation apparaît à nouveau (mais dans l'autre sens), nécessitant un travail de plus en plus important des adducteurs.

Le cercle trigonométrique permet de suivre l'évolution des deux composantes nées du vecteur principal. Son angle détermine d'une part la composante de rotation Cr, égale à son sinus, et d'autre part la composante longitudinale Cl, égale à son cosinus. En attribuant à la tension de l'élingue la valeur 1, on trouve donc les fractions correspondantes (de 0 à 1 selon l'angle) par la construction du rectangle de décomposition, ou à l'aide de calculs trigonométriques.

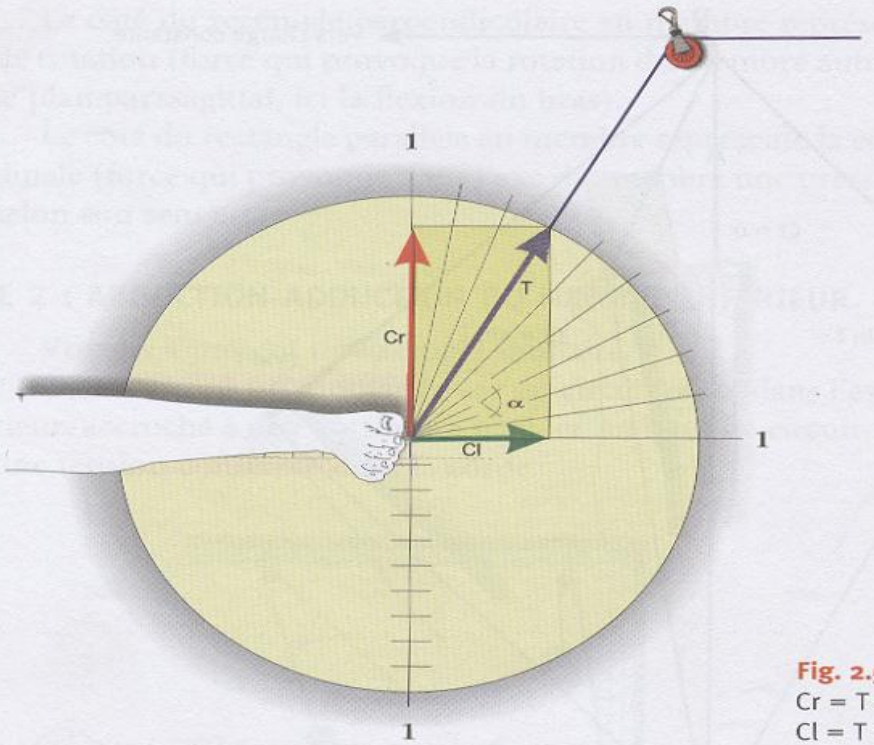


Fig. 2.5 – T est connu :
Cr = T x sin α et
Cl = T x cos α.

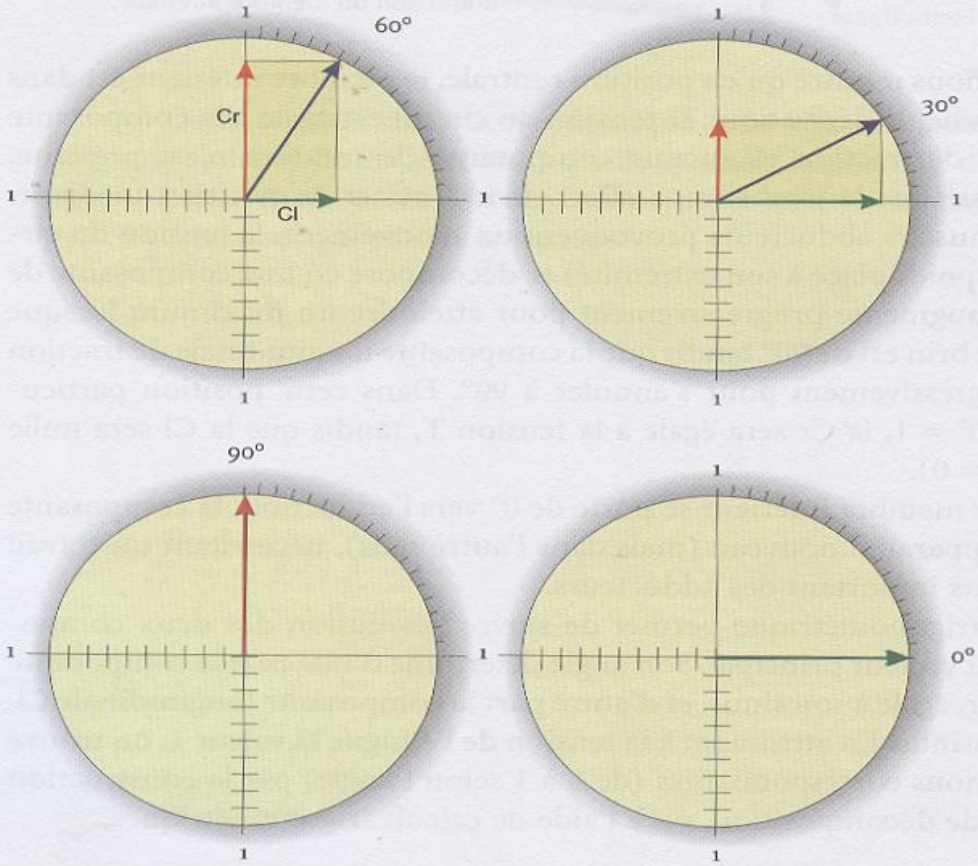


Fig. 2.6 – À 90°, Cr se confond avec T = 1, Cl est devenue nulle. À 0°, Cl se confond avec T = 1, Cr est devenue nulle.

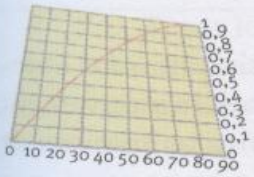


Fig. 2.7 – Intérêt du graphique : évolution globale de la tension lors du mouvement.

Les rectangles de décomposition donnent, de visu, une bonne approximation des valeurs, tandis que les valeurs trigonométriques apportent, à défaut d'une approche visuelle pratique, la précision recherchée.

Les graphiques présentent l'intérêt d'offrir une vue générale sur l'évolution des composantes en rapport avec l'obliquité des élingues.

Il est également intéressant de regarder l'évolution chiffrée de Cr tout au cours de l'angle considéré. Le tableau ci-dessous reprend les valeurs des sinus par tranches de 10 degrés.

Angle (Â)	0	10	20	30	40	**45**	50	60	70	80	90
Sinus Â	0,00	0,17	0,34	0,50	0,64	**0,71**	0,77	0,87	0,94	0,98	1,00

La Cr qui vaut 1 à 90° ne perd que 1,5 % à 80° pour se retrouver à 0,985. À l'autre extrême, de 10 à 0°, l'unité perd 17 %. Sur un écart de 30°, de 90 à 60°, la perte n'est que de 13 %, tandis que de 30 à 0°, l'unité perd 50 % de la valeur unitaire.

En choisissant en connaissance de cause les angles de départ et d'arrivée d'une élingue lors d'un mouvement, on peut donc choisir l'évolution de la Cr, ce qui est très intéressant lorsqu'il faut intégrer d'autres paramètres, tels que l'évolution d'une résistance (ressort, poulie mobile) ou la Cr issue du poids du membre mobilisé.

Le montage peut être réglé de manière telle que Cr diminue (*cf.* figure 2.8 a) ou, au contraire, augmente lors du mouvement (*cf.* figure 2.8 b). Il peut aussi être calculé afin que Cr soit maximum en milieu du mouvement (*cf.* figure 2.8 c).

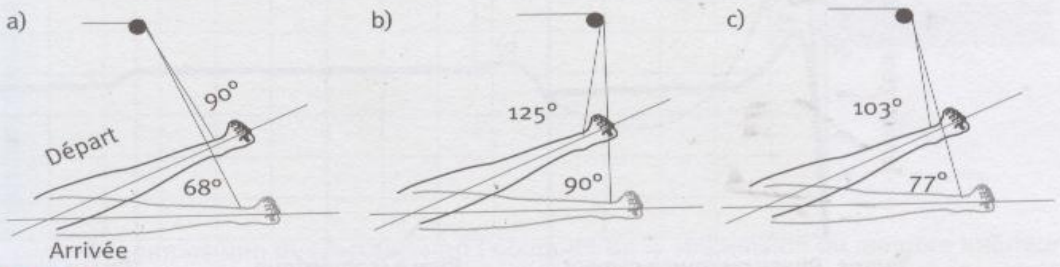


Fig. 2.8 – a) L'angle se modifie de 22° par rapport à 90°. – b) L'angle se modifie de 35° par rapport à 90° – c) L'angle oscille de 13° en plus et en moins par rapport à 90°.

On peut combiner la modification de Cr en association avec la variation d'intensité qu'offre un montage utilisant une poulie mobile aux brins divergents, ou un ressort, pour obtenir les variations les plus adaptées.

2 ANALYSE GRAPHIQUE DE LA TENSION SELON LA MODALITÉ D'EXÉCUTION DU MOUVEMENT

Nous avons vu qu'en plaçant une charge fixe en bout de circuit, nous obtenions une tension constante tout au long du circuit, quel que soit le mouvement effectué. Un graphique représentant cette tension du circuit nous montrerait une ligne horizontale tout au long du déplacement. Nous savons aussi que cette tension constante génère une Cr qui évolue selon l'angle du circuit avec le membre lors du mouvement. Un graphique représentant l'évolution de cette Cr nous montrerait une ligne courbée vers le haut ou vers le bas, selon que le brin se rapproche ou s'écarte de la perpendicularité par rapport au membre.

En réalité, le tracé de l'intensité est un peu plus complexe. En effet, à cause de l'inertie du poids, la musculature devra développer, dans les premiers instants de la contraction, une puissance supérieure à la valeur nominale du poids, avant de se stabiliser en fin de raccourcissement du circuit. L'ampleur de ce pic dans la tension dépend de la vitesse d'exécution de cette phase. Si le départ du mouvement est très lent, il sera pratiquement inexistant. Au contraire, si le mouvement est réalisé avec vigueur, il peut atteindre une valeur très importante. C'est d'ailleurs ce pic qui peut être à l'origine d'une rupture musculaire dans des accidents de la vie quotidienne. C'est lui aussi qui justifie l'échauffement musculaire des sportifs avant une prestation.

Le praticien donnera donc les consignes d'exécution selon le type de réponse musculaire désirée, en vue du but fonctionnel du muscle.

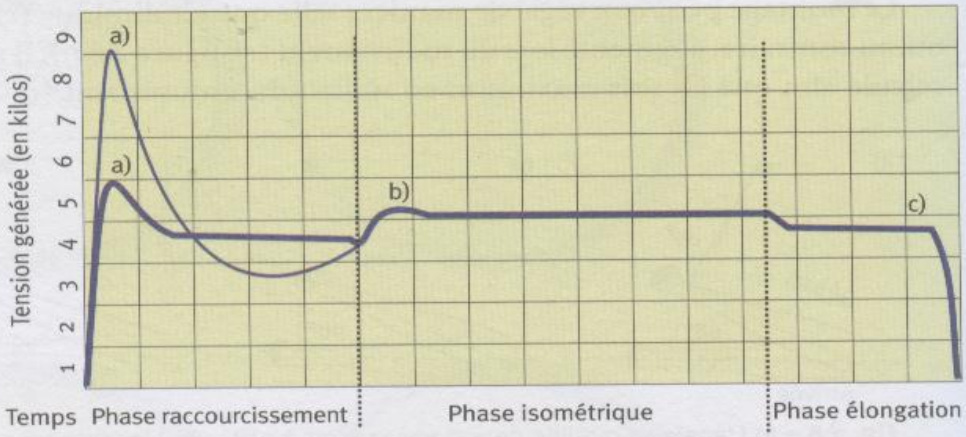


Fig. 2.9 – a) Pic au démarrage : la vitesse d'exécution peut générer des tensions instantanées très différentes. – b) Pic secondaire lorsque le poids ne bénéficie plus de l'inertie verticale. – c) Fin de la contraction musculaire.

3 DÉCOMPOSITION DES FORCES LORS D'UNE SIMPLE SUSPENSION

Dans le cas d'une simple suspension à l'aide d'une élingue, le calcul de la décomposition des forces se réalise facilement à l'aide de la construction d'un rectangle dont la hauteur vaut la composante verticale, ici connue puisqu'elle correspond au poids qui est suspendu, et dont la diagonale suit la direction de la suspension.

EXEMPLE 1 : ANALYSE GRAPHIQUE LORS DE L'INCLINAISON DE LA SUSPENSION

La figure montre que pour une composante Cr (ici verticale) identique, la composante Cl ainsi que la résultante T augmentent avec l'obliquité de l'élingue. Lorsque la suspension est verticale, Cl vaut 0 et Cr = T (tension de l'élingue). Lorsque l'accrochage de la suspension est proximal par rapport à l'accrochage inférieur, Cl est positive (coaptante). Lorsque l'accrochage supérieur est distal par rapport à son homologue inférieur, Cl est négative (tractante).

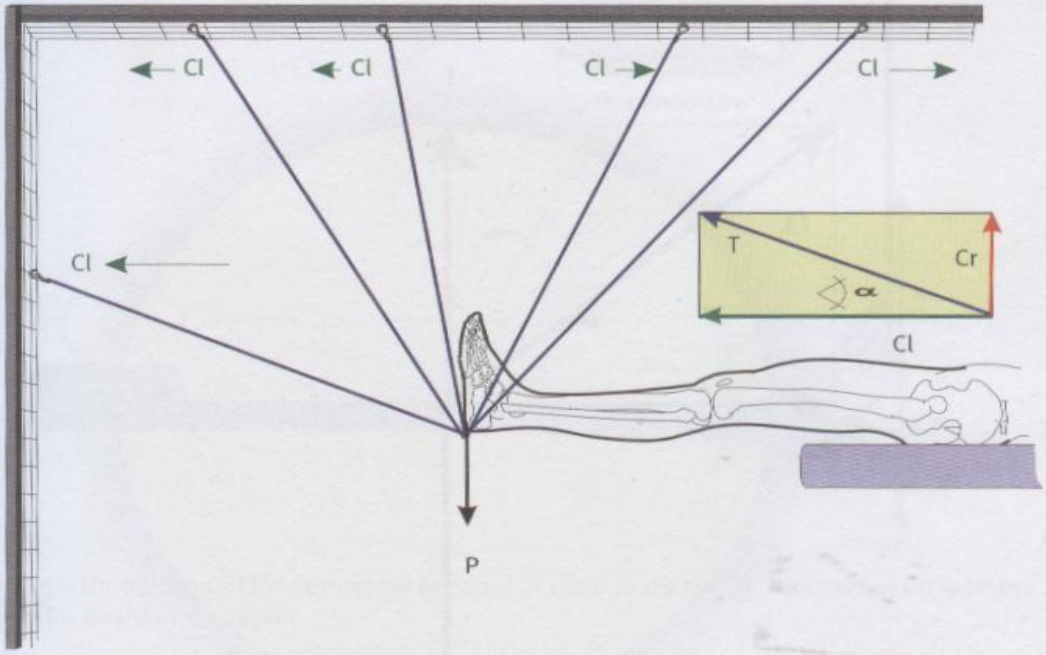


Fig. 2.10 – Décomposition des forces selon l'obliquité de la suspension du membre inférieur. L'obliquité de la suspension induit une composante longitudinale plus importante. Cr prend en charge le poids de la suspension. Cr est égale à P (à l'endroit de la suspension).

La règle de 3 permet, en attribuant à Cr la valeur correspondant au poids suspendu, de connaître les valeurs de Cl et de T.

Pour obtenir une valeur précise de manière mathématique, on utilisera les valeurs trigonométriques.

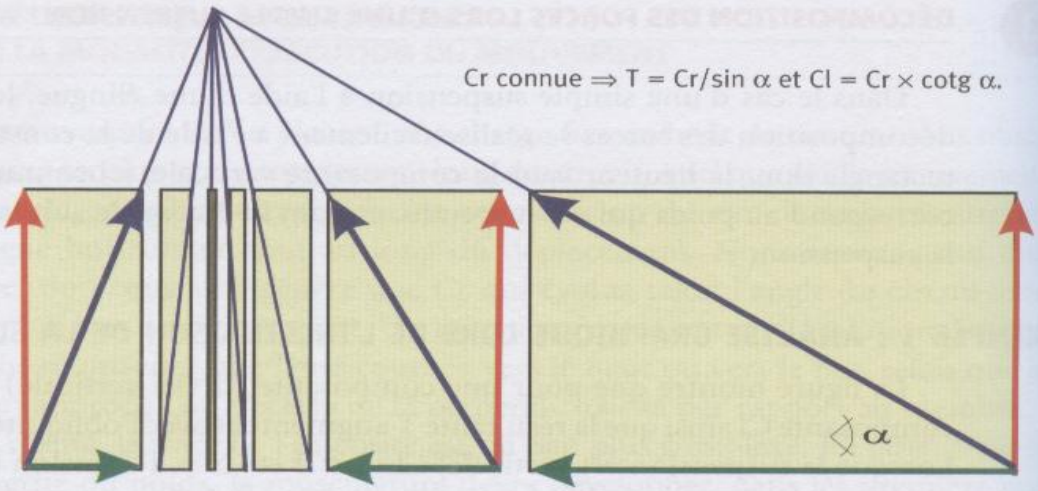


Fig. 2.11 – Pour connaître Cl à partir de Cr (ici le poids suspendu) en kilos, il suffit de diviser le poids (Cr) par la longueur de son vecteur, puis de la multiplier par la longueur du vecteur Cl. L'opération sera similaire pour connaître la valeur d'un vecteur par rapport à un autre.

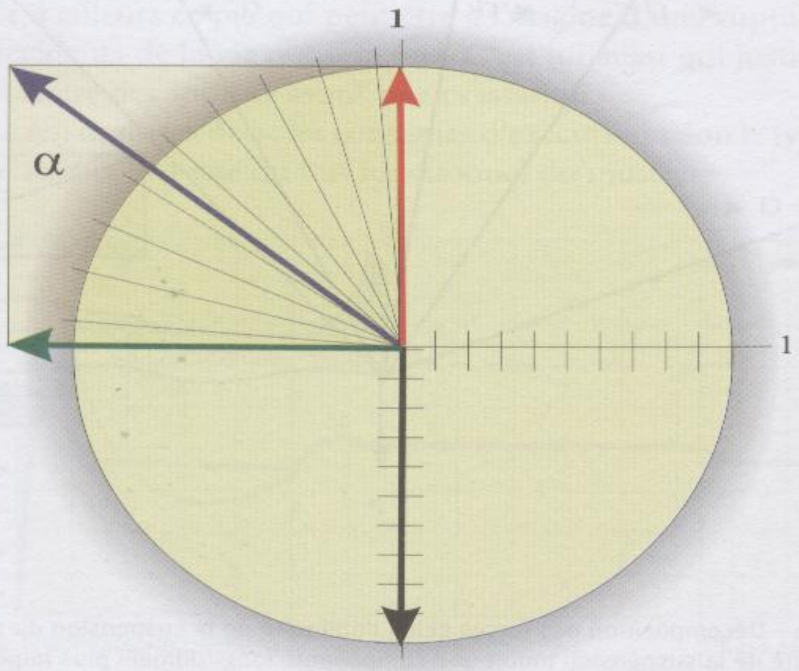


Fig. 2.12 – Cr est connue : T = Cr/sin α et Cl = Cr × cotg α.

EXEMPLE 2 : ANALYSE GRAPHIQUE LORS DE L'INCLINAISON DU MEMBRE SUSPENDU

Attardons-nous un moment sur la décomposition des forces résultant d'une suspension du membre inférieur à différentes inclinaisons.

Nous réglons le montage de manière telle que la suspension soit à 90° par rapport au membre inférieur lorsque celui-ci se trouve dans l'axe du corps (*cf.* figure 2.13). Une poulie placée à l'aplomb de la fixation inférieure permet de dévier le circuit vers n'importe quel endroit de la cage. Plaçons un dynamomètre à un endroit quelconque du circuit et mesurons la tension du cordage lorsque le poids du membre inférieur sera en charge (on raccourcit le circuit à l'aide d'un tendeur, de manière à ce que le membre inférieur se soulève à quelques centimètres de la table afin que la suspension soit effective). Notons la mesure de l'appareil.

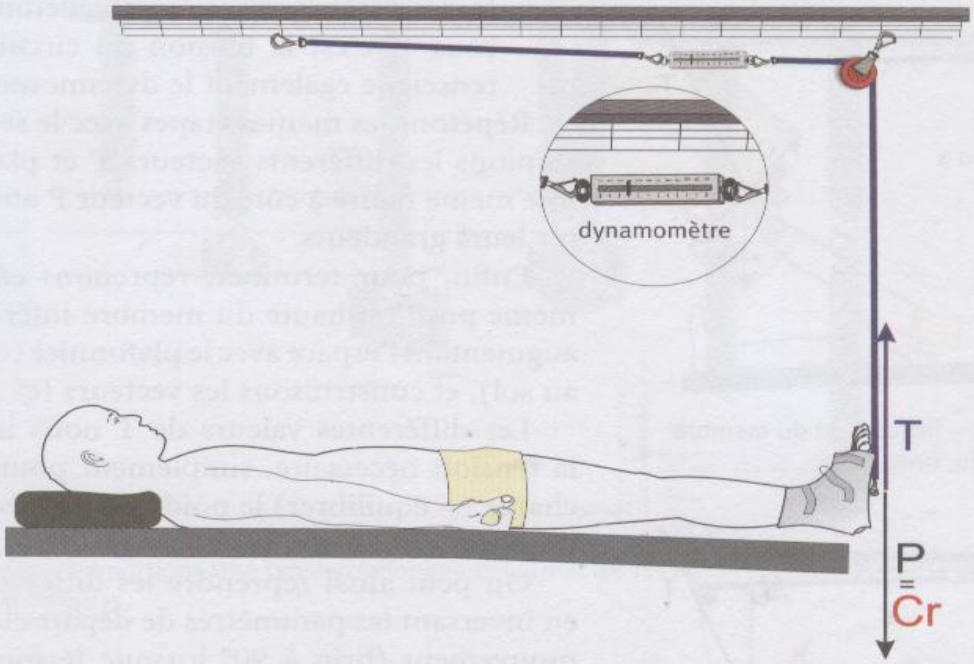


Fig. 2.13 – Un dynamomètre permet de mesurer la tension du circuit. Inclinaison du membre suspendu, position de départ.

Raccourcissons ensuite le circuit à nouveau jusqu'à placer le membre inférieur à 30° de flexion et effectuons une seconde mesure du dynamomètre (*cf.* figure 2.14).

Enfin, raccourcissons une dernière fois encore le circuit, de manière à ce que le membre inférieur soit presque dans l'axe de la poulie de dérivation (*cf.* figure 2.15). Notons la tension. Si l'installation ressemble à notre figure, nous pourrons constater que la tension du circuit ne varie que très peu lors des 30 premiers degrés de flexion du membre. En revanche, par la suite, la tension augmente de manière significative alors que la Cr issue du poids de la suspension diminue.

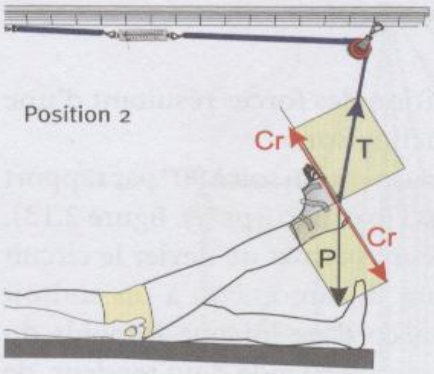


Fig. 2.14 – Inclinaison du membre suspendu, position 2.

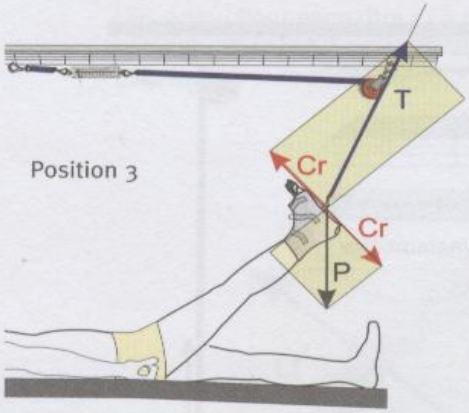


Fig. 2.15 – Inclinaison du membre suspendu, position 3.

Afin de calculer la décomposition des forces qui induit les différentes tensions, pratiquons comme suit :

- plaçons P verticalement au niveau de l'anneau d'accrochage de la bottine. P est égal au poids mesuré par le dynamomètre lors de la première mesure (à 90°, Cr = 1) ;
- construisons le rectangle de décomposition des forces (selon l'axe d'inclinaison du membre), et traçons Cr ;
- Cr étant la charge effective que le circuit devra équilibrer, traçons symétriquement Cr en vecteur de flexion ;
- construisons le rectangle de décomposition des forces (même axe que précédemment) et traçons T, c'est la tension du circuit (que nous renseigne également le dynamomètre).

Répétons les mêmes étapes avec le second dessin. Copions les différents vecteurs T et plaçons-les sur une même figure à côté du vecteur P afin de comparer leurs grandeurs.

Enfin, pour terminer, reprenons exactement la même position haute du membre inférieur mais en augmentant l'espace avec le plafonnier (cas d'un sujet au sol), et construisons les vecteurs (*cf.* figure 2.16).

Les différentes valeurs de T nous informent de la tension nécessaire, simplement pour prendre en charge (= équilibrer) le poids du membre au niveau du point d'insertion (la bottine).

On peut aussi reprendre les différentes mesures en inversant les paramètres de départ et d'arrivée du mouvement (brin à 90° lorsque le membre est en position haute), la tension du circuit sera alors plus importante lorsque le membre est horizontal.

Nous verrons que ces notions ne sont pas inutiles lorsque nous aurons à élaborer des suspensions souples ou des circuits de musculation répondant à des critères précis.

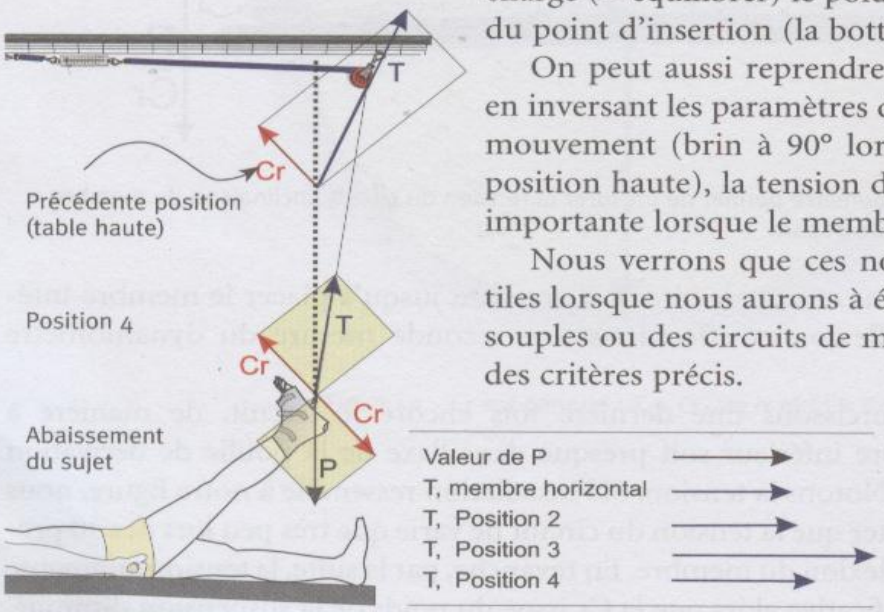


Fig. 2.16 – Inclinaison du membre suspendu, position 4 (abaissement de la table).

4 ANALYSE DES FORCES INDUITES LORS DE L'EMPLOI DE RÉSISTANCES SOUPLES

RAPPORTS ALLONGEMENT-TENSION DES RESSORTS

L'usage de ressorts ou de courroies élastiques fournis en différents calibres permet d'offrir une résistance dont la tension est progressivement croissante avec l'allongement obtenu.

Par exemple, si un ressort d'une longueur quelconque s'allonge de x centimètres sous l'effet d'une traction d'une masse de 1 kg, on peut effectivement vérifier que x varie proportionnellement à l'augmentation de la charge. Si une seconde masse de 1 kg est ajoutée, l'allongement total est de $2x$ centimètres.

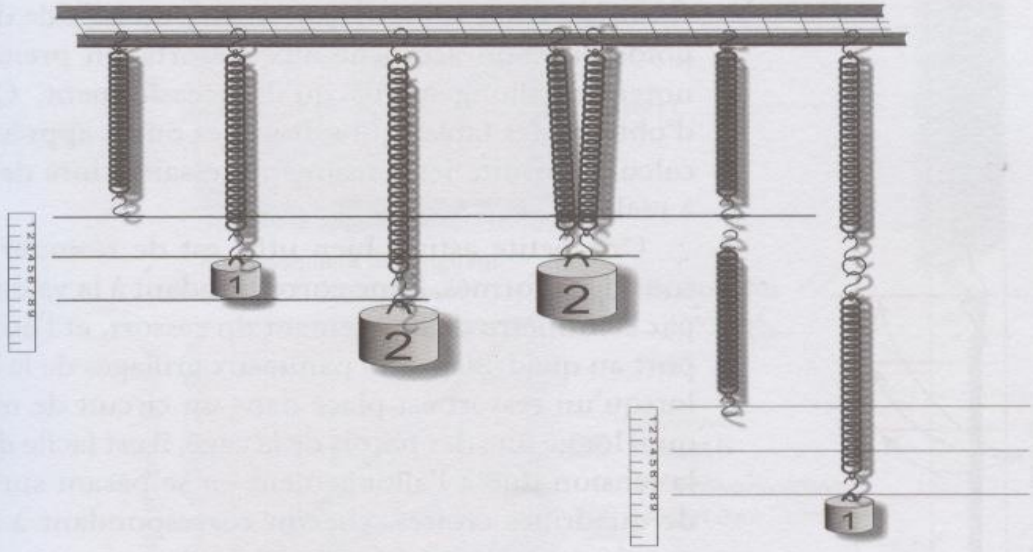


Fig. 2.17 – Proportionnalité tension/allongement. Tous les ressorts représentés sur la figure sont identiques.

Des ressorts placés en parallèle permettent, pour un allongement donné, de cumuler leur tension dans un circuit. En revanche, en plaçant plusieurs ressorts en série, on cumule, pour une résistance identique, leur allongement dans le circuit.

Cette propriété de proportionnalité entre longueur et tension est par ailleurs la base du dynamomètre. Bien souvent, celui-ci n'est rien d'autre qu'un ressort encapsulé dans un petit boîtier, ressort muni d'un appendice à son extrémité, lui servant de curseur lors de son élongation. Le curseur indique à l'extérieur du boîtier la tension présente, celle-ci étant libellée en kilogramme (ou tout autre unité). Il existe également des versions électroniques.

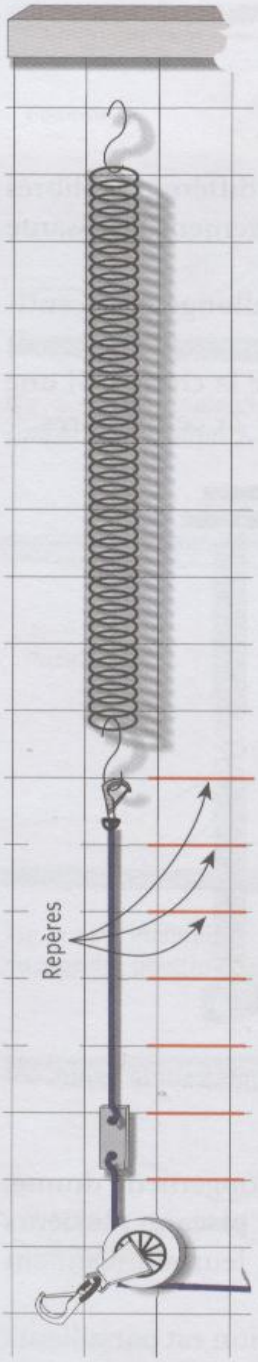


Fig. 2.18 – Des repères permettent de connaître la tension exercée du ressort.

MODE D'ÉVALUATION DE LA TENSION DU RESSORT

On a recours à des ressorts en parallèle lorsqu'on désire obtenir une force rapidement croissante lors d'un mouvement, et inversement avec des ressorts placés en série.

Les ressorts sont étalonnés selon leur degré de résistance à la traction.

En pratique quotidienne, il est parfois important de connaître assez précisément à quelle tension correspond le ressort utilisé lorsqu'il atteint une certaine longueur dans un circuit.

La manière la plus simple d'obtenir des données utilisables est de pratiquer une série de tests avec les différents ressorts à l'aide d'un dynamomètre ou à l'aide de différents poids que l'on accroche aux ressorts, en prenant soin de noter les allongements qu'ils occasionnent. Cela permet d'obtenir des tables qui seront des outils appréciables pour calculer ensuite les tensions nécessaires lors des montages à réaliser.

Une petite astuce bien utile est de résumer les valeurs sous deux formes, l'une correspondant à la valeur de charge par centimètre d'allongement du ressort, et l'autre par rapport au quadrillage des panneaux grillagés de la cage. Ainsi, lorsqu'un ressort est placé dans un circuit de manière à ce qu'il longe une des parois de la cage, il est facile de connaître la tension due à l'allongement en se basant sur le nombre de quadrillés croisés, chacun correspondant à x grammes supplémentaires.

Les ressorts sont généralement fournis avec une sécurité limitant l'allongement. Une cordelette à l'intérieur des spires empêche toute élongation excessive. Sans cela, au-delà d'une certaine limite, le ressort se verrait endommagé, et pourrait même causer un accident lors de l'exercice effectué.

Si le ressort que vous utilisez ne dispose pas de cette protection, il est opportun d'évaluer, selon le type de montage réalisé, l'utilité de coupler le ressort avec une élingue de sécurité.

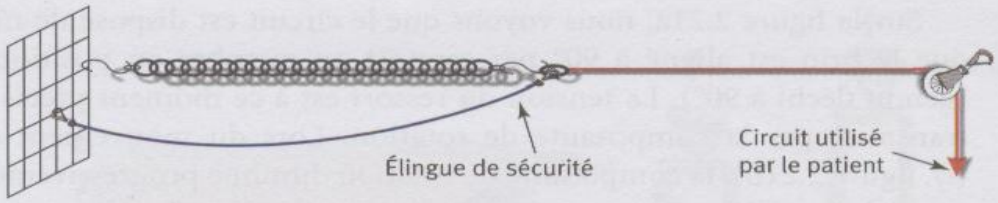


Fig. 2.19 – Une élingue de sécurité permet de limiter l'allongement du ressort à une tension maximale autorisée.

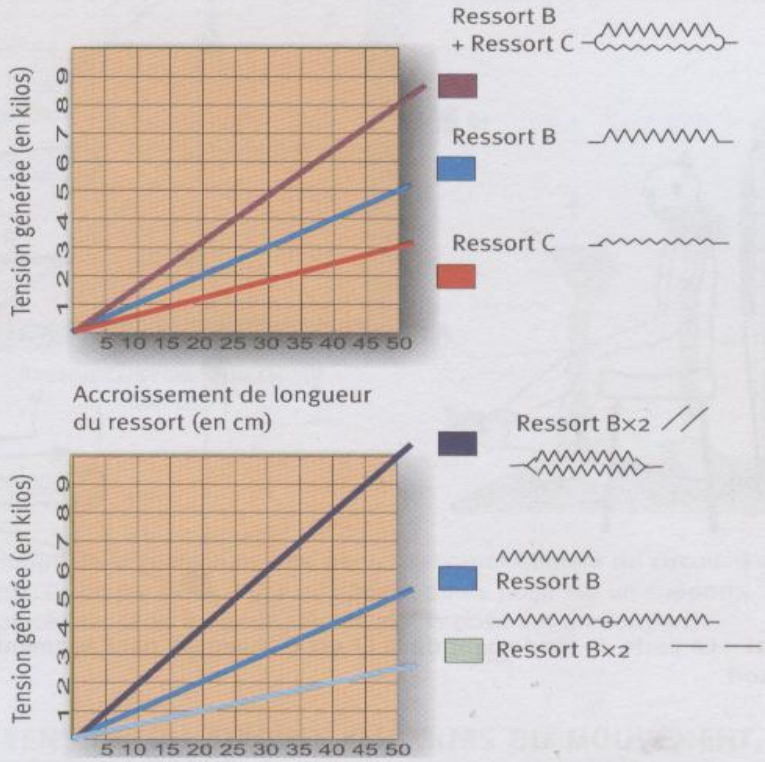


Fig. 2.20 – Graphiques comparatifs selon la combinaison des ressorts.

Cette relation entre longueur et tension d'un ressort peut nous servir utilement. Nous y reviendrons.

COMPENSATION DE LA PERTE DE RENDEMENT DE LA CR GRÂCE AU DEGRÉ D'ÉTIREMENT DU RESSORT

Au vu de ce que nous avons déjà appris en étudiant la variation importante que peut avoir la composante de rotation selon l'angle du circuit au cours d'un mouvement, il est aisé de comprendre que l'on peut compenser la réduction de cette composante par l'augmentation de la tension, ce que permet effectivement le ressort.

Sur la figure 2.21a, nous voyons que le circuit est disposé de manière telle que le brin est aligné à 90° par rapport au membre en position de départ (genou fléchi à 90°). La tension du ressort est à ce moment précis totalement transmise par la composante de rotation. Lors du mouvement d'extension (*cf.* figure 2.21b), la composante de rotation diminue progressivement par rapport à la tension, mais comme celle-ci augmente dans le même temps, on peut compenser le manque de rendement de Cr par T, et faire en sorte que Cr reste finalement constante (en valeur nominale).

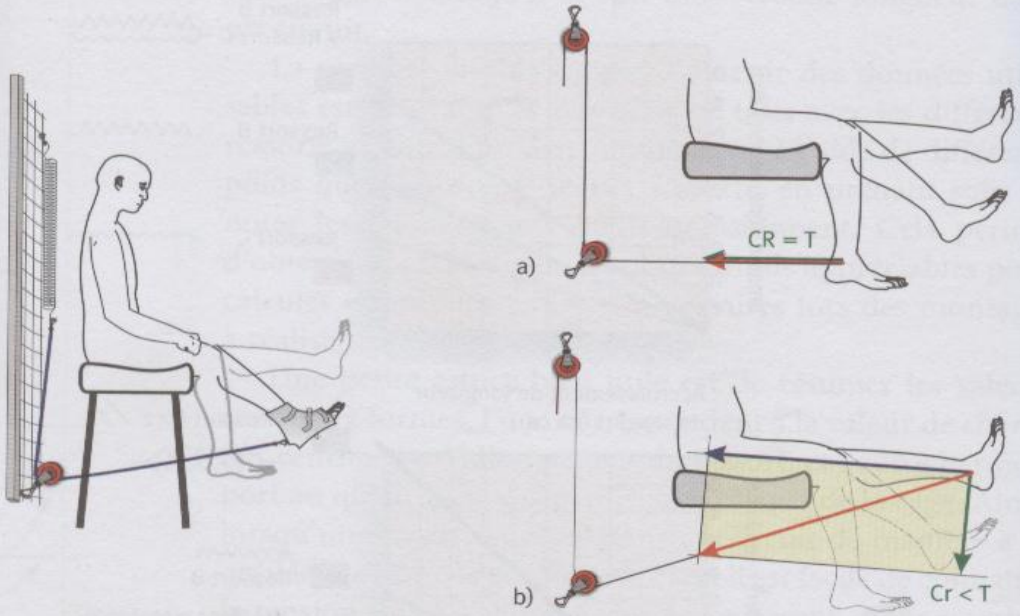


Fig. 2.21 – La perte de rendement de la Cr est compensée par l'augmentation de la résistance du ressort.

USAGE COMBINÉ DE POIDS ET DE RESSORTS

L'usage combiné des poids et des ressorts est également possible. La figure 2.22 montre un exemple de ce type.

La poignée pourrait être le départ d'un circuit. Celui-ci aurait une tension égale à la masse du poids accroché, tension présente dès le début de la mise en mouvement du circuit, puis augmenterait avec l'allongement du ressort au cours de la poursuite du mouvement dans le circuit (*cf.* figure 2.22 a).

Le même résultat peut être obtenu uniquement en utilisant un ressort, préalablement tendu pour engendrer une tension au départ du mouvement.

La figure 2.22 b), en revanche, montre un montage qui, lors d'un mouvement dans le circuit, provoque une augmentation dans la tension dans le circuit, proportionnellement à l'allongement d'un ressort, jusqu'à une valeur donnée, celle équivalente à la masse du poids accroché.

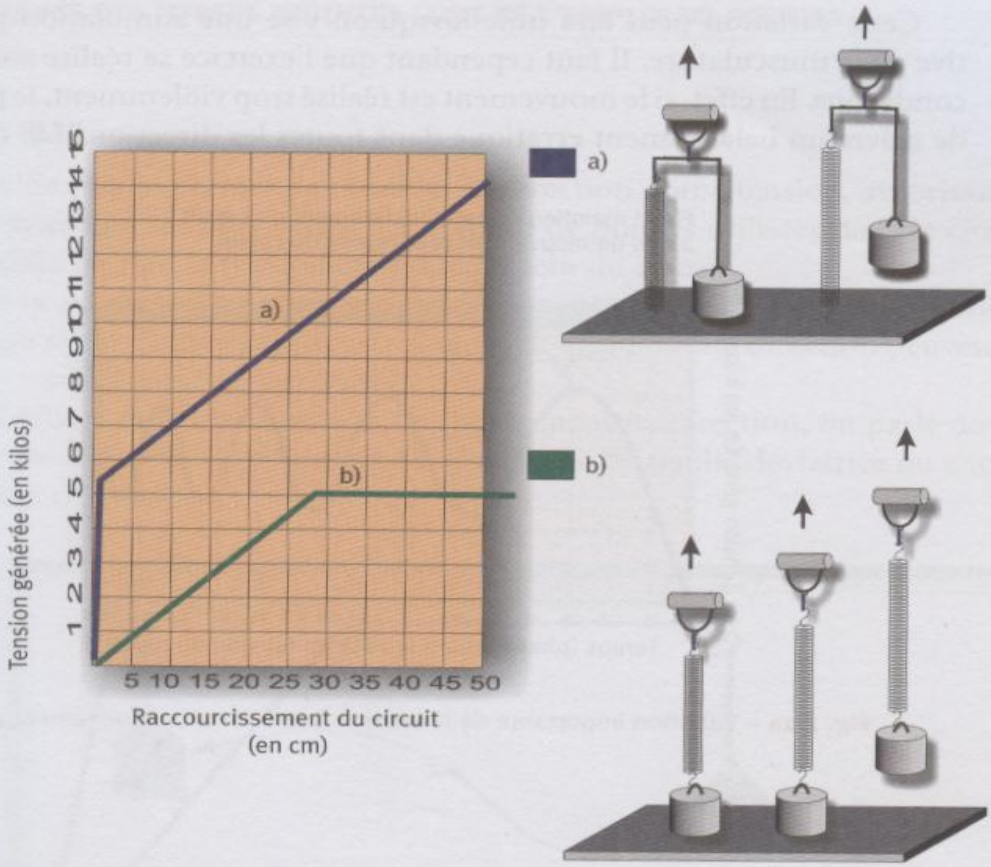


Fig. 2.22 – Variation de la tension induite par le raccourcissement du circuit. – a) Ressort et poids de 5 kg placés en parallèle (pour un départ, poids posé sur un support). – b) Ressort et poids de 5 kg placés en série (pour un départ, poids posé sur un support).

VARIATION DE LA TENSION DU CIRCUIT AU COURS DU MOUVEMENT, INDUITE PAR L'INERTIE DU POIDS

En réalité, l'utilisation de la combinaison en série du poids suivi d'un ressort ne sera pertinente que dans des cas précis. En effet, le poids, par son inertie en fin de traction sur l'élingue, va entamer un balancement vertical, qui se traduira par une variation de l'intensité suivant une courbe sinusoïdale (*cf.* figure 2.23).

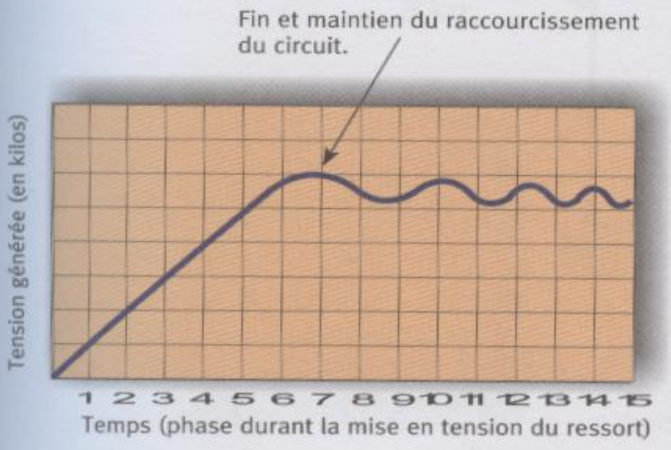


Fig. 2.23 – Effet de l'inertie du poids sur la tension du ressort.

Cette variation peut être utile lorsqu'on vise une stimulation proprioceptive de la musculature. Il faut cependant que l'exercice se réalise sous certaines conditions. En effet, si le mouvement est réalisé trop violemment, le poids risque de suivre un balancement erratique dans toutes les directions (*cf.* figure 2.24).

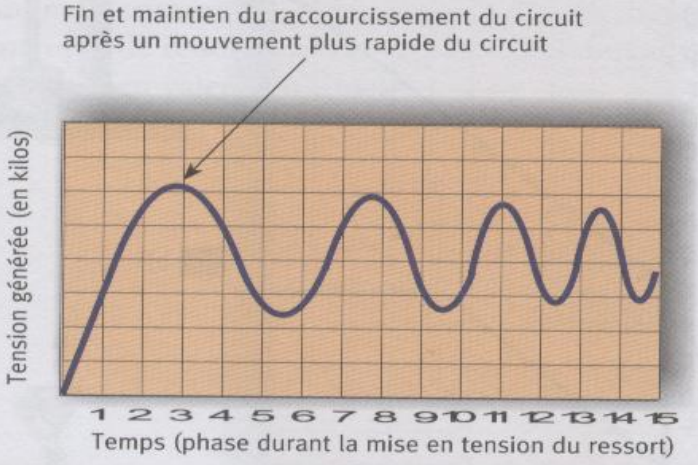


Fig. 2.24 – Variation importante de la tension à la suite d'un mouvement rapide.

5 ANALYSE DES FORCES INDUITES LORS DE L'EMPLOI DE POULIES

LA POULIE FIXE

Une poulie permet de modifier la direction d'une tension, autorisant ainsi les montages les plus variés. Le nombre de poulies utilisées dans le circuit ne modifie en rien la tension existante au sein du circuit.

Les poulies étant montées généralement sur des roulements à billes, les forces de frottement perdues à chaque changement de direction peuvent donc être considérées comme nulles.

Utilisée dans une fonction de changement de direction, on parle de poulie fixe dans un circuit, de poulie de dérivation, de poulie déviatrice ou encore de poulie dérivative.

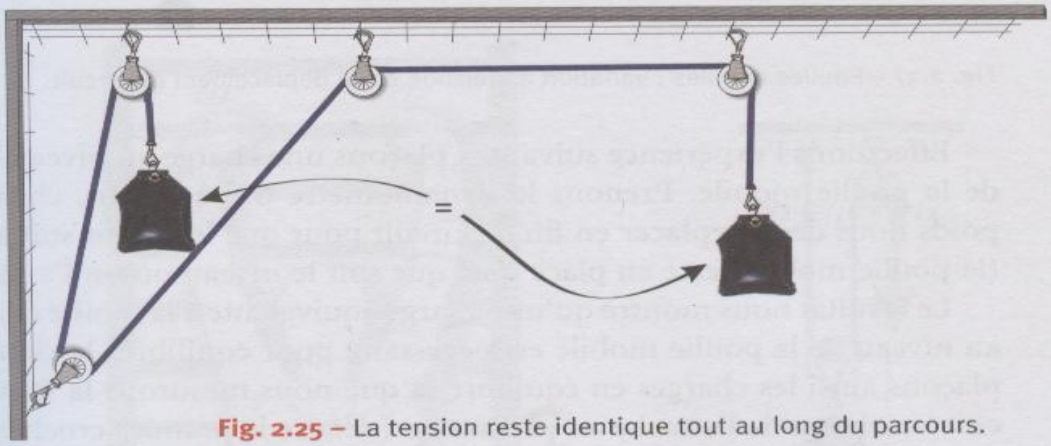


Fig. 2.25 – La tension reste identique tout au long du parcours.

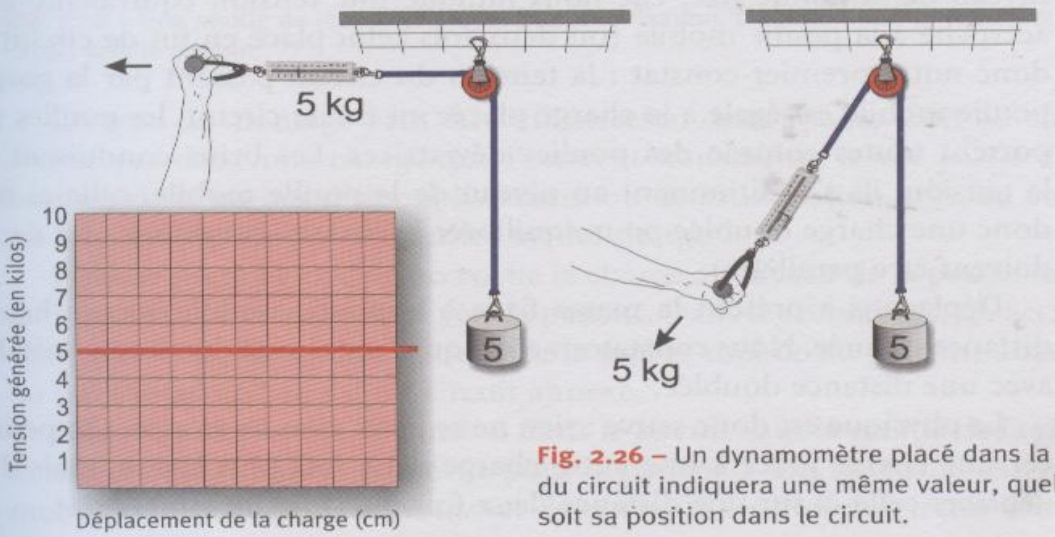


Fig. 2.26 – Un dynamomètre placé dans la direction du circuit indiquera une même valeur, quelle que soit sa position dans le circuit.

LA POULIE MOBILE

Une poulie peut aussi être utilisée pour obtenir une tension différente. On parle alors de poulie mobile ou poulie de démultiplication (*cf.* figure 2.27). Dans ce cas, la poulie n'est pas utilisée dans une fonction de dérivation mais dans une fonction de modification de la tension du circuit.

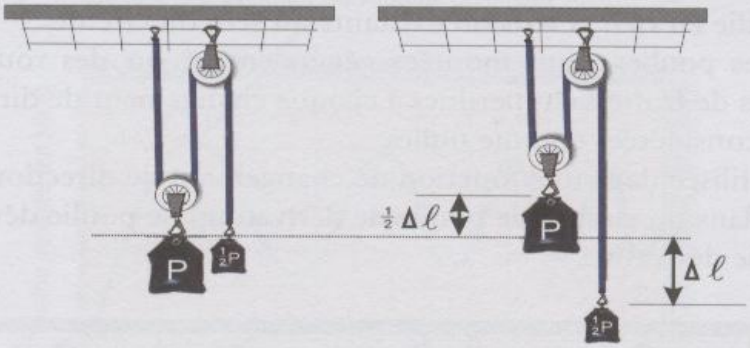


Fig. 2.27 – Poulies mobiles : variation de tension et de déplacement du circuit.

Effectuons l'expérience suivante : plaçons une charge au niveau de l'attache de la poulie mobile. Prenons le dynamomètre ou, à défaut, cherchons quel poids nous devons placer en fin de circuit pour que le circuit soit en équilibre (la poulie mobile reste en place quel que soit le niveau où on l'a placée).

Le résultat nous montre qu'une charge équivalente à la moitié de celle placée au niveau de la poulie mobile est nécessaire pour équilibrer le circuit. Si nous plaçons ainsi les charges en équilibre et que nous mesurons la tension du circuit au niveau de l'attache au plafonnier (défaire le premier crochet et le tester au dynamomètre), nous constatons que cette tension est égale au poids placé à l'extrémité du circuit (la demi-charge). Enfin, si nous répétons la mesure au niveau de la poulie fixe, elle nous indique une tension équivalente au poids accroché à la poulie mobile (ou deux fois celui placé en fin de circuit). Voici donc notre premier constat : la tension du circuit passant par la gorge de la poulie mobile est égale à la charge placée en fin de circuit, les poulies se comportent toutes comme des poulies déviatrices. Les brins conduisant chacun la tension, ils s'additionnent au niveau de la poulie mobile, celle-ci nécessite donc une charge doublée pour équilibrer le circuit (condition : les deux brins doivent être parallèles).

Déplaçons à présent la masse fixée à la poulie mobile vers le haut d'une distance donnée. Nous constatons alors que l'extrémité du circuit s'est déplacée avec une distance doublée.

La physique est donc sauve : rien ne se perd, rien ne se crée. On peut déplacer une charge grâce à une autre charge deux fois plus légère, mais il faudra déplacer celle-ci sur une distance deux fois plus longue.

ANALYSE COMPARATIVE

Il subsiste pour beaucoup d'étudiants quelques difficultés à appréhender quelle est la partie du circuit qui voit la tension divisée en deux et quelle est l'autre. Un moyen que l'on peut utiliser pour faciliter la compréhension est de visualiser par exemple une personne s'accrochant à un espalier par les deux bras, chacun de ses bras prend en charge la moitié du poids du corps, tout comme la tension se répartit sur les deux brins du circuit (*cf.* figure 2.28).

La charge totale P de la poulie mobile se divise donc en deux. L'une qui tire en permanence au niveau de sa fixation sur le panneau (P/2), l'autre qui se transmet via la poulie fixe, dans le circuit (P/2), et récupérable à l'extrémité.

Lors du déplacement de la poulie mobile, les deux bras de l'élingue doivent s'allonger d'une même valeur que ce déplacement, ce qui double au total le déplacement en bout de circuit, puisque l'ensemble du déplacement est répercuté sur une des deux extrémités, l'autre étant fixée à la paroi.

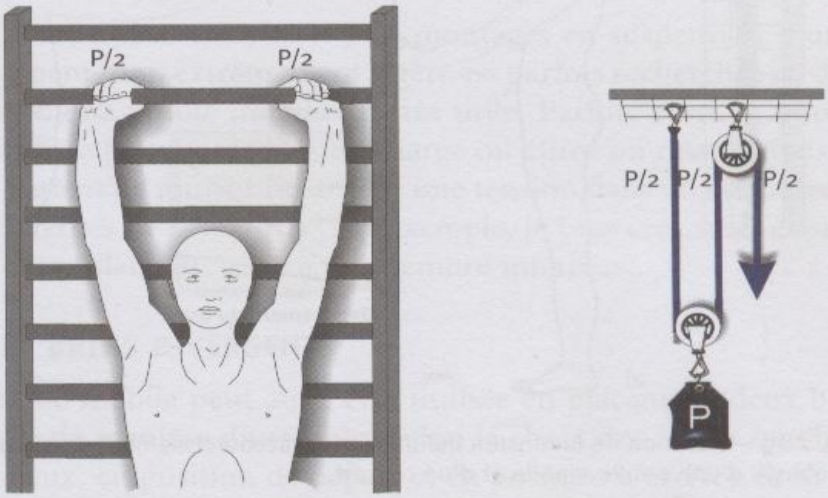


Fig. 2.28 – Une moitié de la charge se perd dans la fixation. L'autre moitié se transmet dans le circuit vers le patient.

Ce type de montage peut être utilisé selon deux modes. Soit on cherche à diviser par deux une charge que l'on veut transmettre à une partie du corps humain dans un but d'assouplissement ou de musculation, soit, au contraire, on veut multiplier par deux cette même charge.

Dans le premier cas, on accroche la charge au niveau de la poulie mobile et on transmet l'extrémité libre vers le patient. Dans le second cas, on accroche la charge au bout du circuit et on relie la poulie mobile au patient, directement ou par l'intermédiaire d'un circuit annexe.

Dans le premier cas, la tension dans le circuit vaut la moitié de la charge et donc l'effort est réduit de moitié pour le patient. Dans le second cas, la poulie mobile remise au patient transmet deux fois la tension du circuit (donc de la charge), l'effort est donc doublé.

L'EMPLOI COMBINÉ DE RÉSISTANCES SOUPLES ET DE POULIES

Si un ressort est utilisé, celui-ci connaîtra un allongement de moitié, ou au contraire doublé, par rapport au déplacement du bras (*cf.* figure 2.29 a et b) selon la modalité choisie. Il existe donc un rapport de 1 à 4 dans la tension du ressort entre les deux exercices. De plus, la position de la poulie mobile divise par deux la charge pour le patient en a) tandis qu'elle la double en b), ce qui fait passer le rapport de 0,5 à 8 (soit 1 à 16).

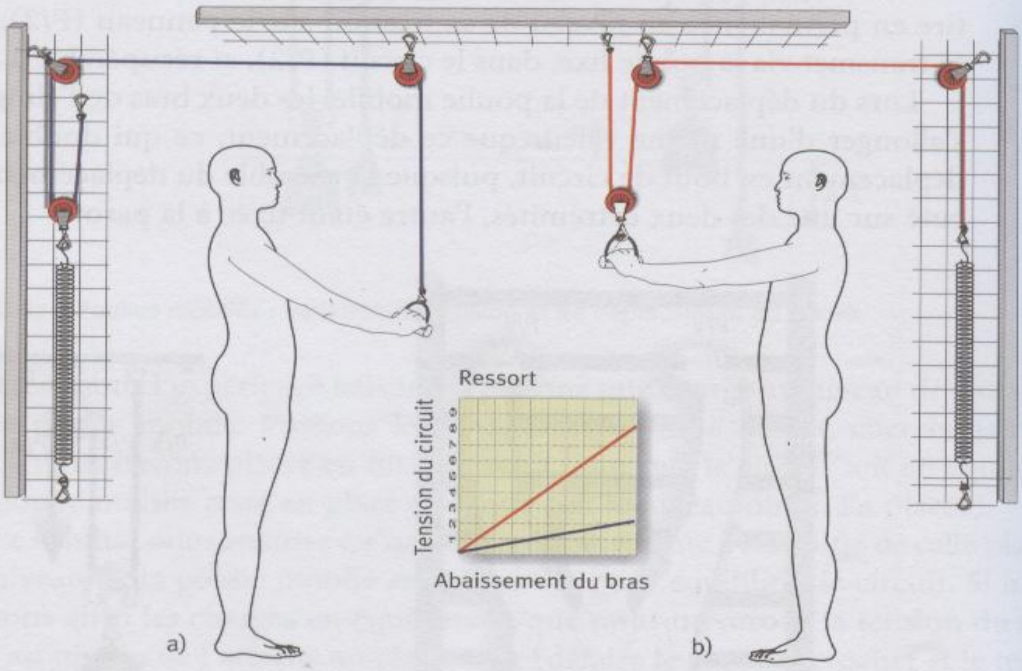


Fig. 2.29 – Variation de la tension induite par le raccourcissement du circuit lors de l'utilisation combinée d'une poulie mobile et d'un ressort.

Ainsi, on choisira le montage montré en a) pour une progression douce de l'intensité de l'exercice et, au contraire, le montage montré en b) pour une progression très intense.

En résumé, nous obtenons les diagrammes représentés sur la figure 2.30.

Mais quel intérêt peut-il y avoir à utiliser de tels circuits si l'on peut obtenir exactement les mêmes effets en doublant ou en divisant par deux les poids ou les ressorts accrochés en fin de circuit ?

Dans certains cas, la réponse est : aucun. En revanche, lorsqu'on utilise des charges vraiment intenses, la tension dans l'élingue, qui se répercute au niveau de toutes ses attaches, devient si importante qu'une poulie mobile soulage tout le circuit.

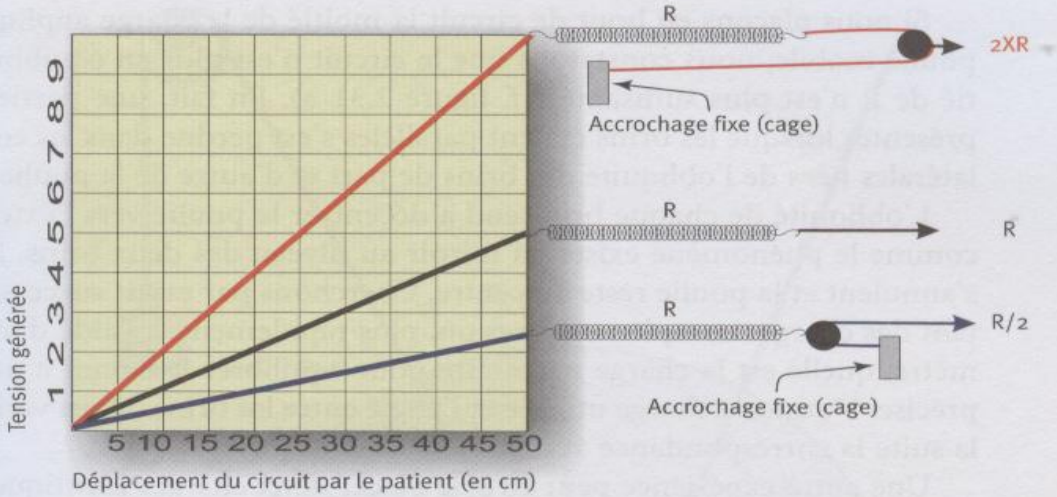


Fig. 2.30 – Graphiques comparatifs selon la combinaison du ressort et de la poulie mobile.

Par ailleurs, nous verrons avec les montages en suspension d'un membre qu'une augmentation extrêmement légère est parfois recherchée et, dans ce cas, l'utilisation d'une poulie mobile est très utile. Parfois aussi, la poulie mobile n'est pas utilisée pour soulever une charge ou étirer un ressort mais pour permettre au patient de fournir lui-même une tension dans un circuit reliant deux parties différentes de son corps (par exemple, le bras crée une résistance pour un travail musculaire au niveau du membre inférieur).

POULIE MOBILE ET BRINS DIVERGENTS

Une poulie mobile peut aussi être utilisée en plaçant les deux brins qui la contournent de manière divergente. Selon le choix des angles que forment les brins entre eux, en position de départ et en position d'arrivée, la modification de la tension peut être très faible ou très importante.

Reprenons notre expérience précédente mais plaçons les brins afin qu'ils soient divergents entre eux.

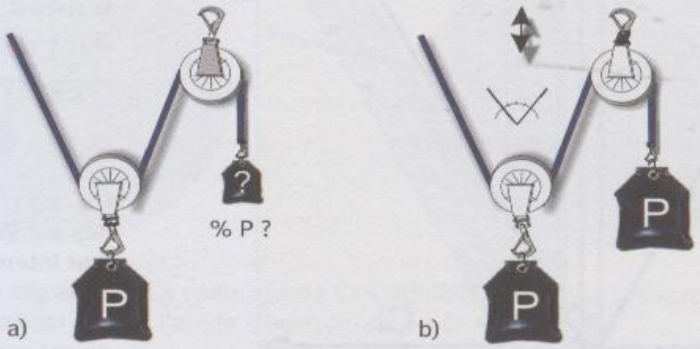


Fig. 2.31 – Variation de la tension selon l'obliquité des brins.

Si nous plaçons en bout de circuit la moitié de la charge appliquée sous la poulie mobile, nous constatons que le circuit n'est plus en équilibre : la moitié de P n'est plus suffisante (*cf.* figure 2.31 a). En fait, une partie des forces présentes lorsque les brins étaient parallèles s'est perdue dans les composantes latérales nées de l'obliquité des brins de part et d'autre de la poulie mobile.

L'obliquité de chaque brin tend à décentrer la poulie vers l'extérieur, mais comme le phénomène existe en miroir au niveau des deux brins, les vecteurs s'annulent et la poulie reste au centre. Cherchons par essais successifs en ajoutant des charges complémentaires ou, plus rapidement, à l'aide d'un dynamomètre, quelle est la charge nécessaire pour équilibrer le circuit à une position précise. Notons la charge utilisée et l'angle entre les brins. Nous vérifierons par la suite la correspondance avec le calcul théorique.

Une autre expérience peut être de placer deux charges identiques à chaque extrémité et de laisser le circuit chercher son équilibre (*cf.* figure 2.31 b). Notons l'angle.

ANALYSE GRAPHIQUE DE LA DÉCOMPOSITION DES FORCES

Construisons la figure à une échelle facilitant sa lecture et permettant à l'aide d'une règle graduée une très bonne approximation des composantes.

Mesurons à la règle les valeurs des forces décomposées. La composante verticale Cr vaut la fraction de T, déterminée par la valeur du sinus de l'angle du brin par rapport à l'horizontale. Il suffit donc d'appliquer ce rapport pour trouver les composantes de T, quelle que soit son intensité. La tension T étant présente de chaque côté de la poulie (sur les deux brins), la charge que la poulie est capable de soulever est donc égale à deux fois le produit de cette tension par le sinus correspondant à l'angle appliqué (ici par rapport à l'horizontale).

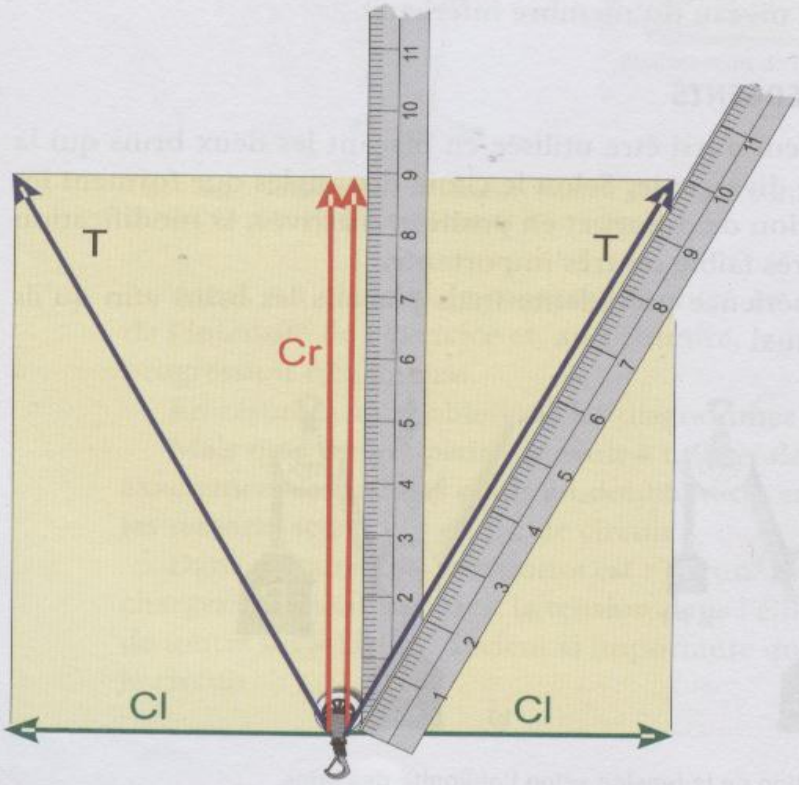


Fig. 2.32 – T représente la direction des élingues, leur sens (la flèche) et leur intensité (longueur de la flèche). Dans cet exemple, T est incliné à 63° par rapport à l'horizontale. Le sinus de cet angle vaut 0,89, ce que nous pouvons vérifier à la règle.

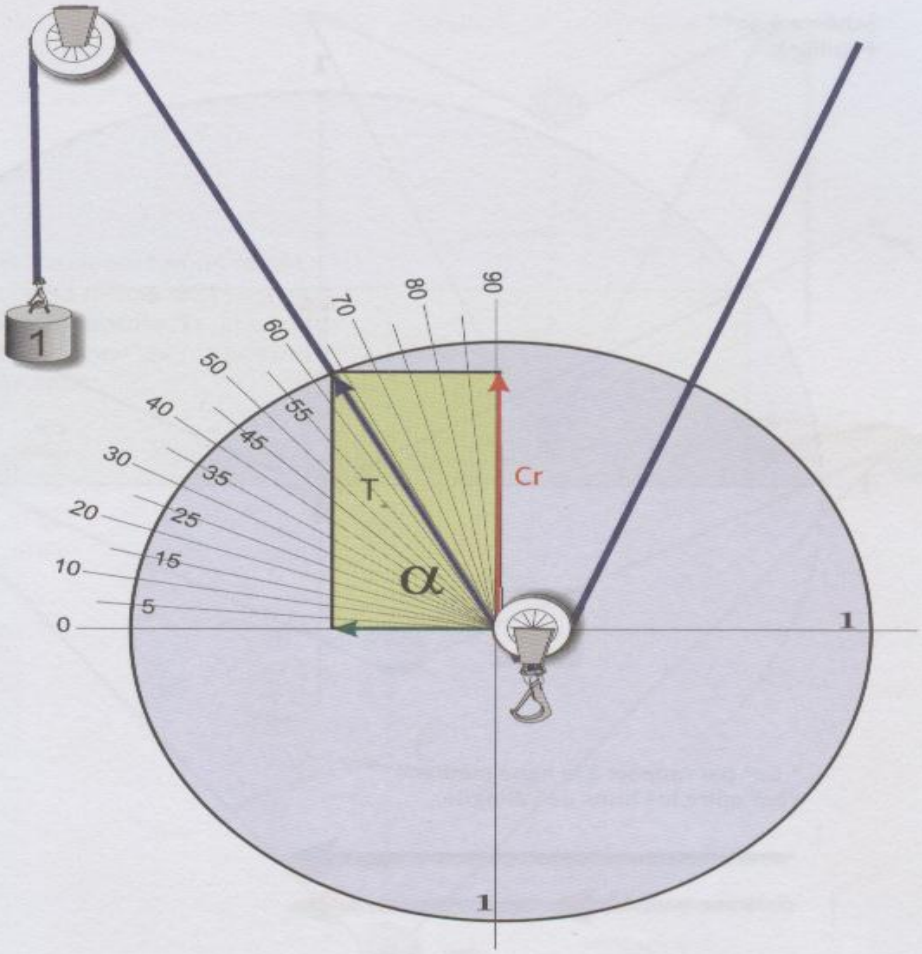


Fig. 2.33 – Analyse graphique.

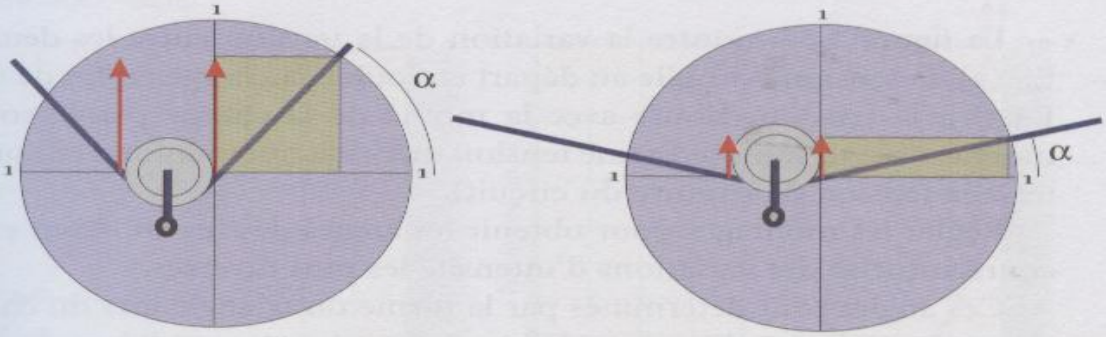


Fig. 2.34 – La composante Cr s'affaiblit au fur et à mesure que l'angle s'horizontalise : Cr = T × sin α.

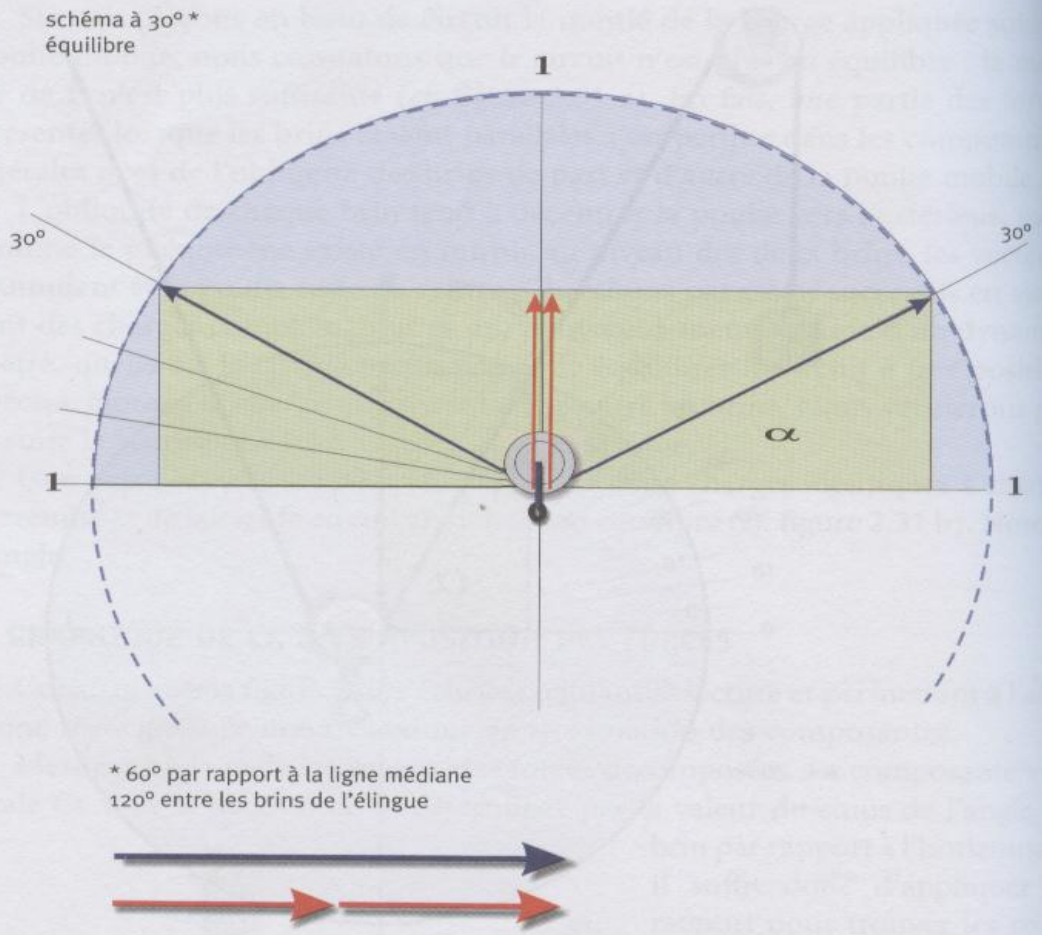


Fig. 2.35 – Schéma à l'équilibre à 30° (60° par rapport à la ligne médiane, 120° entre les brins de l'élingue). Les vecteurs du schéma ont été copiés et déplacés sous la figure afin de montrer leurs équivalences. Lorsque les brins ont 120° entre eux, les deux composantes verticales, chacune égale à la moitié de la valeur de la traction dans le circuit, s'additionnent pour former l'équivalence.

La figure 2.37 montre la variation de la tension entre les deux modalités. En (a), la tension est nulle au départ et double la charge en fin de mouvement. En (b), la tension débute avec la moitié de la charge placée sous la poulie mobile, et se termine avec une tension théoriquement infinie (en pratique limitée à la tension de rupture du circuit).

Régler les montages pour obtenir les angles désirés en début et fin de parcours autorise des variations d'intensité les plus diverses.

Ces angles sont déterminés par la forme du triangle lors du choix du positionnement des poulies et par la longueur prise au circuit lors du mouvement.

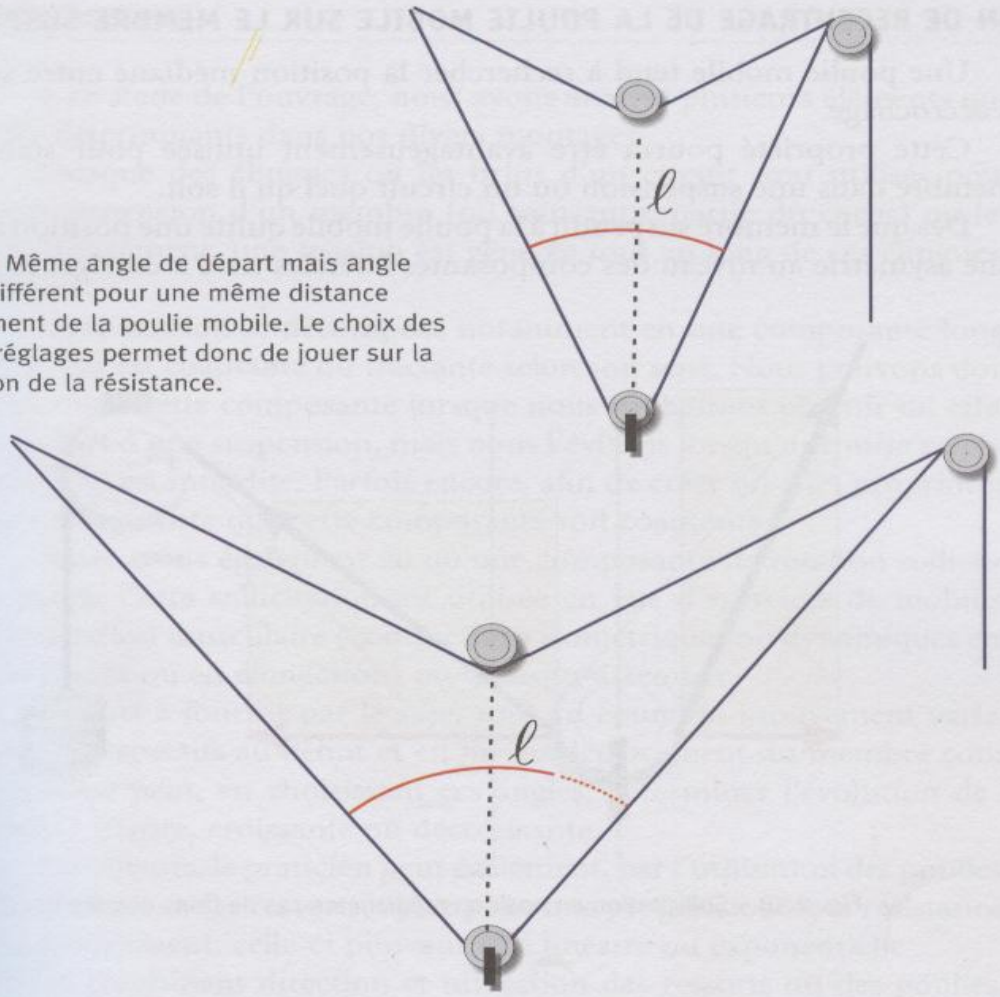
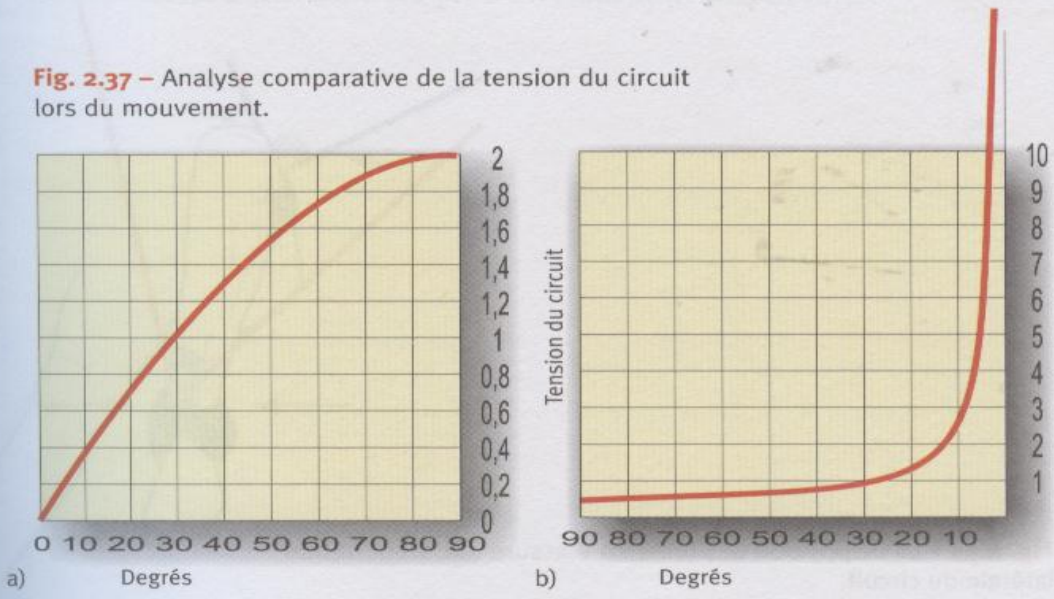


Fig. 2.36 – Même angle de départ mais angle d'arrivée différent pour une même distance d'abaissement de la poulie mobile. Le choix des différents réglages permet donc de jouer sur la modification de la résistance.

Fig. 2.37 – Analyse comparative de la tension du circuit lors du mouvement.



FONCTION DE RECENTRAGE DE LA POULIE MOBILE SUR LE MEMBRE SUSPENDU

Une poulie mobile tend à rechercher la position médiane entre ses points d'accrochage.

Cette propriété pourra être avantageusement utilisée pour stabiliser un membre dans une suspension ou un circuit quel qu'il soit.

Dès que le membre suspendu à la poulie mobile quitte une position médiane, une asymétrie au niveau des composantes latérales tend à corriger la position.

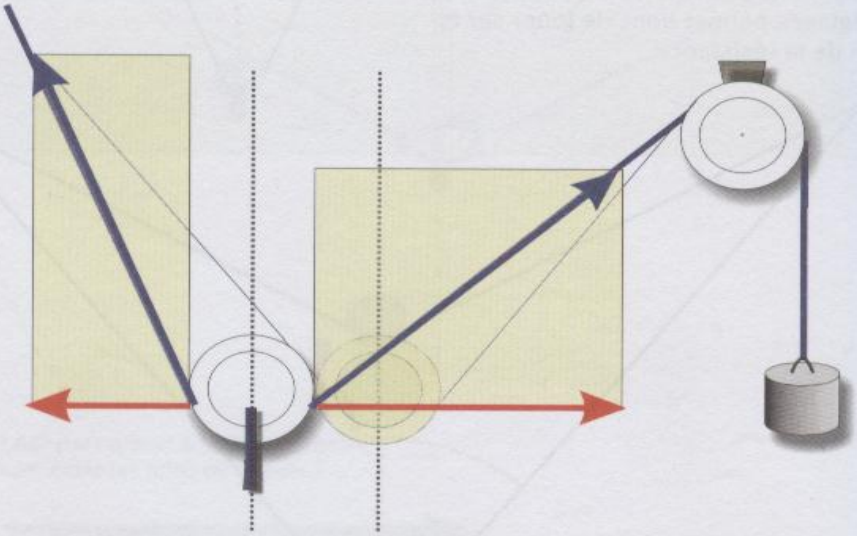


Fig. 2.38 – Sollicitation en position médiane en cas de brins divergents.

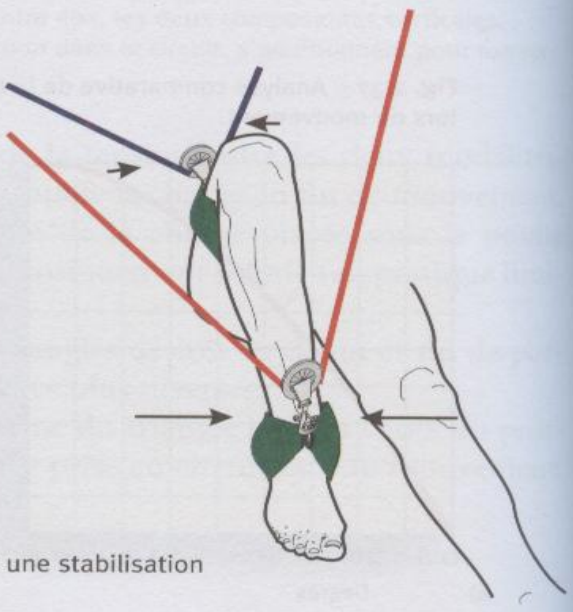


Fig. 2.39 – La disposition des brins en V assure une stabilisation latérale du circuit.

6 CONCLUSION

À ce stade de l'ouvrage, nous avons analysé plusieurs éléments qui peuvent être déterminants dans nos divers montages.

Lorsque des élingues ou les brins d'un circuit sont utilisés pour réaliser une suspension d'un membre (ou tout autre partie du corps) ou le solliciter en mouvement, une tension est générée tout au long de ces élingues ou de ce circuit.

Cette tension se décompose notamment en une composante longitudinale (Cl) qui est coaptante ou tractante selon son sens. Nous pouvons donc utiliser utilement cette composante lorsque nous souhaitons obtenir un effet de traction lors d'une suspension, mais nous l'évitons lorsqu'une mise en charge d'un membre est interdite. Parfois encore, afin de créer un effet proprioceptif, nous faisons en sorte que cette composante soit coaptante.

Nous avons également vu qu'une composante de rotation sollicite le mouvement. Cette sollicitation est utilisée en vue d'exercices de mobilisation, de tonification musculaire (contractions isométriques ou dynamiques en raccourcissement ou en élongation) ou d'assouplissement.

L'effort à fournir par le sujet tout au cours du mouvement varie selon les angles respectifs au début et en fin du déplacement du membre considéré. Le praticien peut, en choisissant ces angles, déterminer l'évolution de la charge réelle : neutre, croissante ou décroissante.

Par ailleurs, le praticien peut également, par l'utilisation des poulies mobiles, des charges et des ressorts, opter pour une progression de la résistance au cours du mouvement, celle-ci pouvant être linéaire ou exponentielle.

En combinant direction et utilisation des ressorts ou des poulies mobiles, les variations d'intensité les plus diverses sont disponibles.

LES MONTAGES

1 GÉNÉRALITÉS

Dans sa version la plus simple, un montage se compose d'une élingue reliant une partie du corps du patient vers une des parois de la cage.

On distingue généralement les suspensions et les circuits mais, nous le verrons par la suite, les frontières entre les deux concepts se chevauchent parfois.

Les suspensions sont le plus souvent utilisées en début de rééducation. Elles offrent en général un sentiment de sécurité grâce à un soutien ferme de la part des différentes sangles (ou autres moyens intermédiaires) et permettent l'exécution de mouvements avec un effort minimal.

Les poulies nous permettent de réaliser un éventail de circuits les plus divers. L'utilisation de résistances fournies par des charges fixes ou des ressorts rendent les exercices quantifiables et précis.

De plus, nous pouvons créer une interaction entre différentes parties du corps, donnant ainsi au patient une autonomie d'action non négligeable.

Les différents montages avec leurs accessoires peuvent donc rendre des services précieux.

PRÉCAUTIONS

Néanmoins, le matériel peut s'avérer dangereux : une élingue qui sort de la gorge d'une poulie, une suspension ou une charge mal fixée ou un ressort mal réglé sont autant de dangers potentiels susceptibles de créer un mouvement inattendu dans le circuit ou un choc direct avec une répercussion potentiellement traumatique sur le membre mobilisé ou une autre partie du corps. Ces risques peuvent être minimisés en prenant une série de précautions élémentaires.

Concernant les charges utilisées en bout de circuit, on veillera à ne jamais les placer au-dessus du corps du patient.

De même, il faut respecter un périmètre de sécurité autour du déplacement du poids, de manière à ce que sa course verticale ne puisse rencontrer un obstacle susceptible de créer un brusque changement de tension au sein du circuit. Rappelons que les poids se présentant sous forme de plaques sont pratiques à stocker, mais ont tendance à osciller lors des mouvements verticaux à partir d'une position à plat au sol. Pour ces modèles, il vaut mieux opter pour un départ du poids à partir d'une suspension par une élingue.

Un contact visuel du patient sur la charge est souvent souhaité (contrôle, motivation).

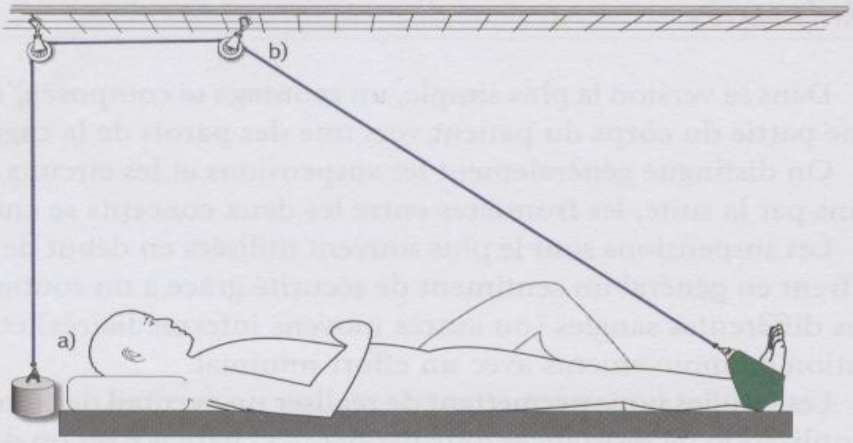


Fig. 3.1 – a) Ici, le poids est réglé trop près de la table : en balançant, il pourrait heurter la table lors de son déplacement vertical. – b) Dans la mesure du possible, on évitera également de placer des poulies ou des accessoires au-dessus de la zone de la tête.

Pour les charges générées par des ressorts, il faudra vérifier si leur cordelette de sécurité à l'intérieur des spires est bien intacte. Quant aux circuits subissant de très fortes charges, on pourra réduire la tension au sein de la corde en doublant les brins par l'utilisation de poulies mobiles.

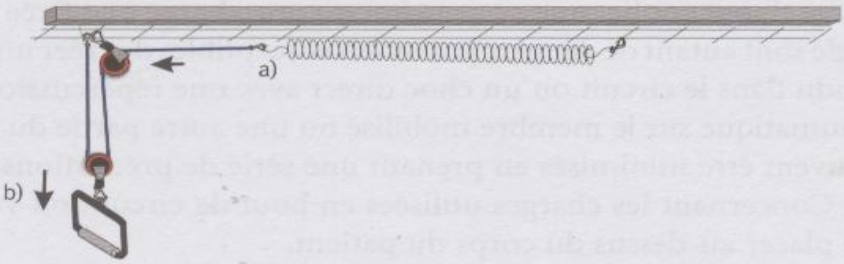


Fig. 3.2 – a) Ici, le ressort est réglé trop près de la poulie. – b) Pour un même effort musculaire, l'utilisation de poulies mobiles permet de diviser par deux la tension du circuit.

UTILISATION DES MONTAGES DANS LES TESTS ARTICULAIRES ET MUSCULAIRES

Les progrès réalisés par le patient au cours de sa rééducation peuvent être évalués par des tests articulaires et musculaires. Certains de ces examens sont identiques à ceux pratiqués lors d'une rééducation classique, mais d'autres peuvent bénéficier des suspensions et des circuits, ces montages étant une solution idéale pour objectiver très précisément les différents bilans.

La suspension axiale (*cf.* page 63) offre une position privilégiée dans de nombreux tests articulaires et musculaires. Les amplitudes sont mesurées à l'aide du goniomètre, avec lequel on note les résultats obtenus lors d'un mouvement actif ou passif. Quant aux tests musculaires, ils peuvent être effectués

sous le mode isométrique ou dynamique. Dans les deux cas, on choisit une localisation des points de mesures facilement identifiables et reproductibles. Pour le membre supérieur, le plus facile est d'utiliser la poignée tenue en main comme intermédiaire entre le « circuit test » et le patient, tandis qu'au niveau du membre inférieur, une bottine aura cette fonction. Bien entendu, lorsque ces points d'insertion ne peuvent être utilisés, tout autre localisation est valable pour autant que les paramètres ne varient pas d'une séance à l'autre. On se souviendra que la mesure est d'autant moins sensible à l'erreur que l'on utilise un bras de levier le plus long possible pour le test.

La direction du circuit de mesure est logiquement perpendiculaire au membre. Pour les tests musculaires dynamiques, on utilise généralement un circuit inséré à 90° par rapport au membre, puis on le fait dériver vers le plafonnier et enfin se terminer verticalement afin d'y accrocher à l'extrémité la charge servant de test musculaire. Pour les mesures isométriques, le dynamomètre peut être disposé en prise directe, perpendiculairement au membre du patient, mais la mesure est plus précise si on utilise un circuit comme précédemment. Si un dynamomètre n'est pas disponible, on peut utiliser un ressort que le praticien place en tension progressive lors du test, en assurant une bonne visibilité sur l'étalonnage et l'allongement du ressort. Une autre méthode consiste à faire pratiquer une série de contractions avec différents poids, de plus en plus lourds. Cette façon de procéder est néanmoins plutôt à conseiller pour des tests d'endurance, où plusieurs séries de contractions doivent être maintenues un temps déterminé. Les figures 3.3 à 3.6 nous montrent quelques exemples de tests réalisés à l'aide de circuits.

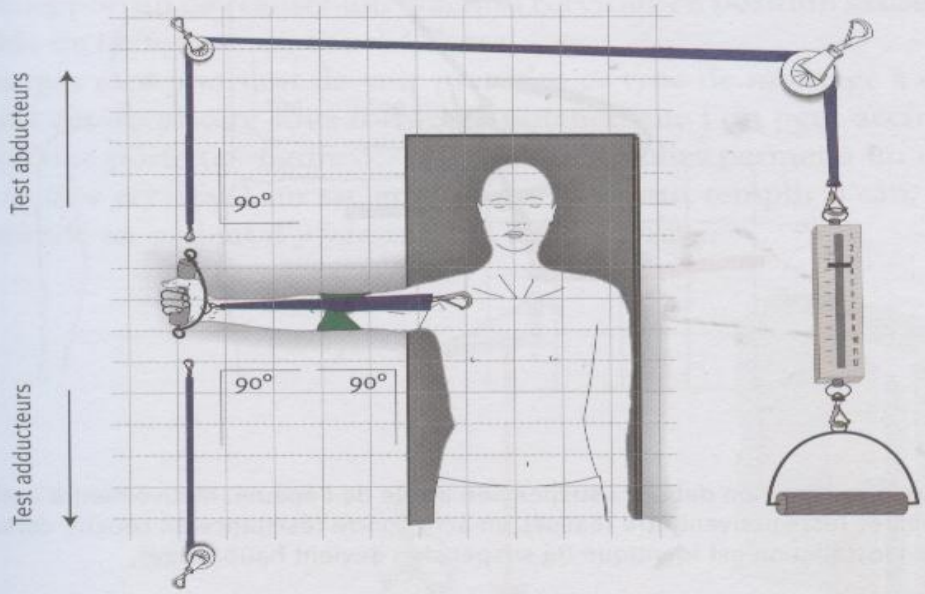


Fig. 3.3 – Couché dorsal : suspension axiale épaule.

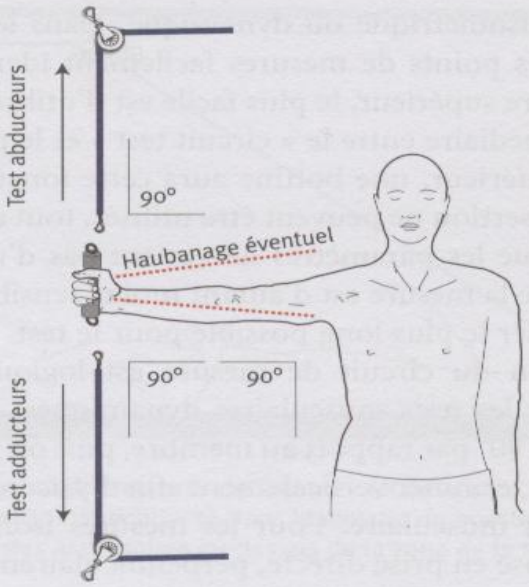


Fig. 3.4 – Position debout. La suspension peut éventuellement être remplacée par un haubanage.

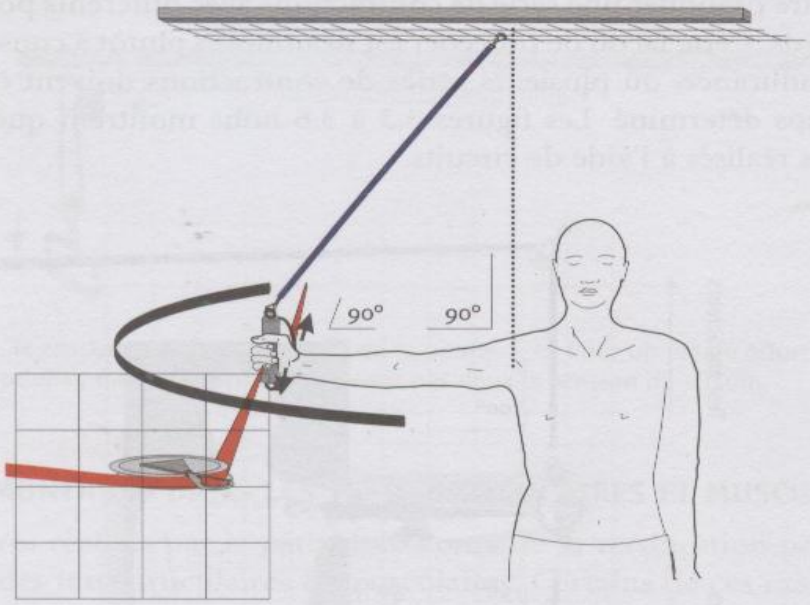


Fig. 3.5 – Position debout : suspension axiale de l'épaule. Mouvement d'anté-rétropulsion. Les mêmes tests peuvent être réalisés en actif contre résistance en couché dorsal. La configuration de l'installation est identique (la suspension devient haubanage).

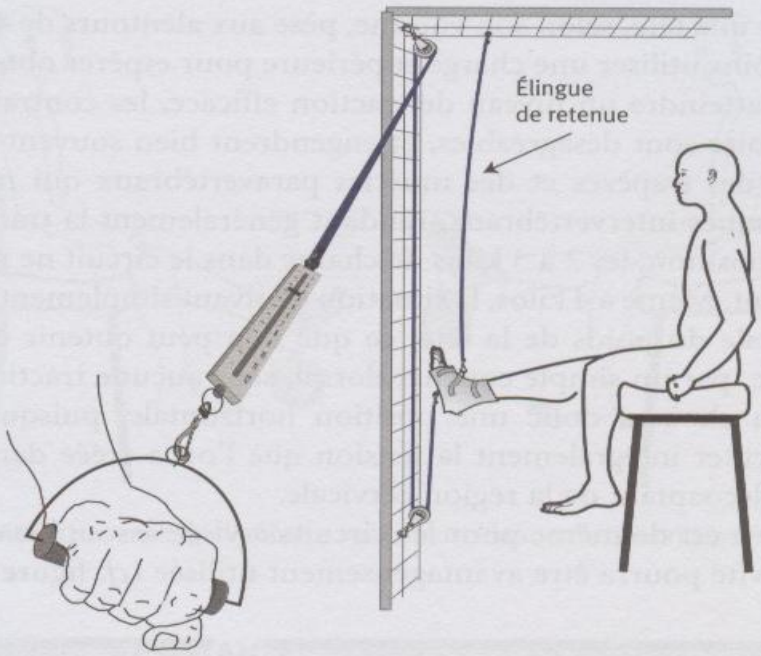


Fig. 3.6 – On pourra rechercher la valeur de la contraction à l'aide d'un dynamomètre, d'un ressort étalonné ou de poids.

LE CHOIX DE LA POSITION DU PATIENT

Comme en mobilisation manuelle, et sauf indication spéciale, la position du patient sera choisie de manière à obtenir l'effet optimal. Ainsi, à titre d'exemple, il n'est pas opportun de réaliser une traction cervicale en position assise lorsqu'il est possible de l'effectuer en couché dorsal.

Il n'est pas rare pourtant de voir prescrire ce type de montage à domicile, en utilisant cet accessoire sous forme de potence que l'on peut accrocher sur le dessus d'une porte (*cf.* figure 3.7). Un jeu de poulies permet à un circuit de relier un collier cervical à un sac gradué que l'on peut remplir d'eau, Souvent, il est demandé au patient d'y verser deux à trois litres.

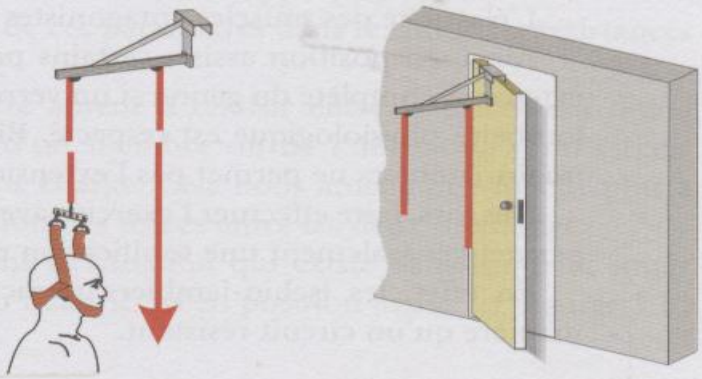


Fig. 3.7 – Potence accrochable sur le dessus d'une porte.

Or une tête, selon son volume, pèse aux alentours de 4 kilos, il faudra donc au moins utiliser une charge supérieure pour espérer obtenir cet effet tractant. Pour atteindre un niveau de traction efficace, les contraintes au niveau de la mâchoire sont désagréables, et engendrent bien souvent des tensions musculaires des trapèzes et des muscles paravertébraux qui maintiennent en étau les disques intervertébraux, rendant généralement la traction inefficace. Dans cette position, les 2 à 3 kilos de charge dans le circuit ne procurent aucun effet tractant. Même à 4 kilos, la situation équivaut simplement à décharger la région cervicale du poids de la tête, ce que l'on peut obtenir de manière bien plus simple, par un simple coucher dorsal, sans aucune traction.

On choisira donc une position horizontale, puisque celle-ci permet de répercuter intégralement la tension que l'on a créée dans un circuit avec un effet décoaptant de la région cervicale.

Il en est de même pour les circuits à visée assouplissante ou musclante où la gravité pourra être avantageusement utilisée (*cf.* figure 3.8).

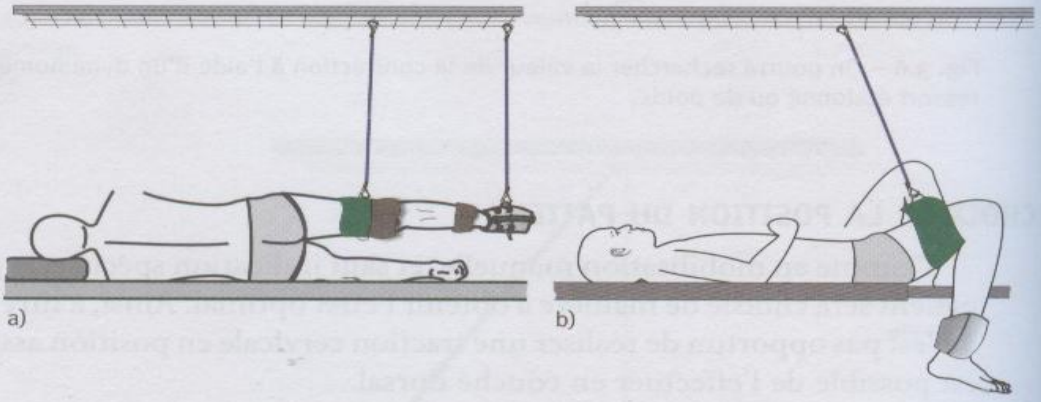


Fig. 3.8 – a) Musculation des abducteurs en couché latéral – b) Inclinaison et lestage de la cheville : assouplissement du genou.

ÉLASTICITÉ MUSCULAIRE ET CHOIX DE LA POSITION DU PATIENT

L'élasticité des muscles antagonistes entre également en jeu.

Ainsi, en position assise, certains patients sont incapables d'effectuer une extension complète du genou si un verrouillage lombaire conservant la lordose lombaire physiologique est respecté. Bien souvent, le manque d'élasticité des ischio-jambiers ne permet pas l'extension complète de la jambe.

Dès lors, faire effectuer l'exercice avec une position de verrouillage lombaire permet généralement une tonification plus importante du quadriceps.

En effet, les ischio-jambiers rétractés se comportent alors de la même manière qu'un circuit résistant.

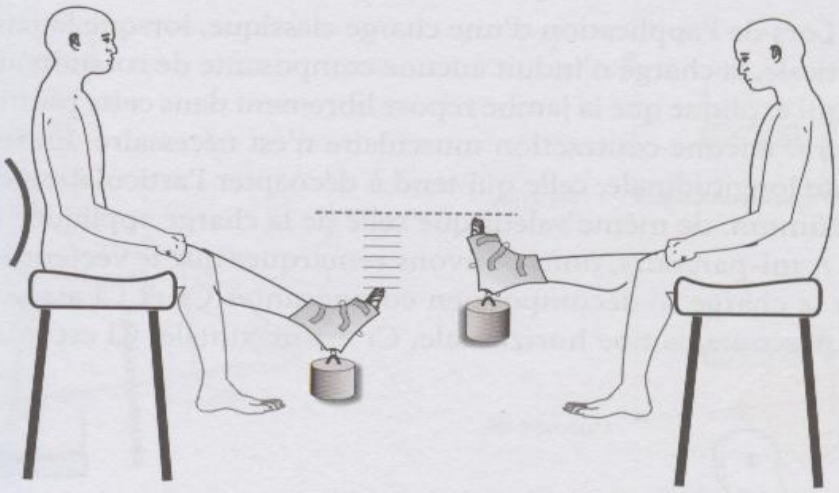


Fig. 3.9 – Influence du verrouillage lombaire sur la musculation du quadriceps.

VARIATION DE LA CHARGE RÉSISTANTE

Le matériel permet d'exercer une musculation sous ses différents modes, qu'elle soit analytique ou globale, isométrique ou dynamique.

La main du praticien est remplacée ici par la résistance des charges ou des ressorts. Rappelons que les ressorts offrent une résistance proportionnelle à leur allongement, alors que l'utilisation d'un poids implique une résistance fixe (sauf emploi de poulie mobile aux brins divergents).

Quand on parle de résistance fixe ou variable, il faut immédiatement nuancer les choses. Effectivement, nous avons vu que la composante de rotation que produit un circuit au niveau d'un membre se modifie selon l'angle d'insertion de ce circuit. L'angle se modifie au cours du mouvement, ce qui modifie Cr et donc la charge effective.

Il en est de même pour le propre poids du membre qui voit sa charge effective significativement varier selon sa position. Il est évident qu'un travail des abducteurs est bien plus intense à partir de la position de référence en couché latéral qu'en position debout (pour le membre opposé à l'appui).

Le praticien tiendra compte de ces paramètres dans le choix des résistances qu'il placera en bout de circuit.

Parfois, le praticien peut être amené à choisir entre le placement d'une charge directement au niveau d'un membre ou de l'utilisation d'un circuit auquel sera accroché cette même charge. Cela nous amène une fois de plus à nous intéresser à la décomposition des forces entre les deux méthodes.

À titre d'exemple, comparons la situation qui existe dans les deux situations lors d'une musculation du quadriceps en position assise (*cf.* figures 3.10 et 3.11).

Lors de l'application d'une charge classique, lorsque la jambe est en position verticale, la charge n'induit aucune composante de rotation au niveau du genou, ce qui explique que la jambe repose librement dans cette position sans le moindre effort : aucune contraction musculaire n'est nécessaire. En revanche, la composante longitudinale, celle qui tend à décoapter l'articulation du genou, est à son maximum, de même valeur que celle de la charge appliquée à la cheville.

À mi-parcours, nous pouvons remarquer que le vecteur issu de la pesanteur sur la charge se décompose en composantes Cr et Cl assez semblables. En fin de parcours, jambe horizontale, Cr est maximale, Cl est minimale.

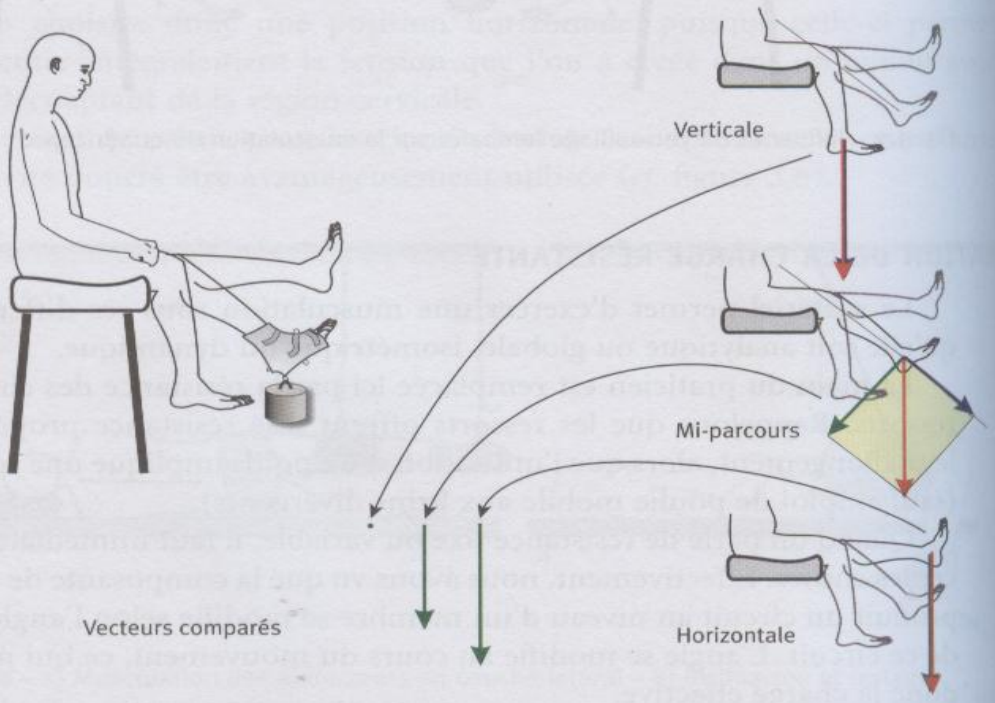


Fig. 3.10 – Décomposition des forces issues d'une charge directe.

Au cours du mouvement, la Cr issue de la charge (et du poids du membre) débute avec une intensité nulle pour aboutir progressivement à une intensité égale à celle de la charge. Par contre, en utilisant un circuit avec une charge identique, la Cr provoquant la flexion du genou est maximum à 90° (dans notre exemple) et donc égale à la valeur de la charge. La Cl de décoaptation, quant à elle, est nulle dans cette position (pour la charge provenant du circuit).

À mi-parcours, Cr décroît tandis que Cl devient positive. À l'extension complète, Cr s'est encore affaiblie, Cl s'est intensifiée.

Bien entendu, pour être tout à fait correct dans la comparaison des schémas, il faudrait tenir compte de la charge que représente le poids de la jambe elle-même, et ajouter la décomposition des forces qui en découle à celle obtenue avec le circuit ou la charge directe.

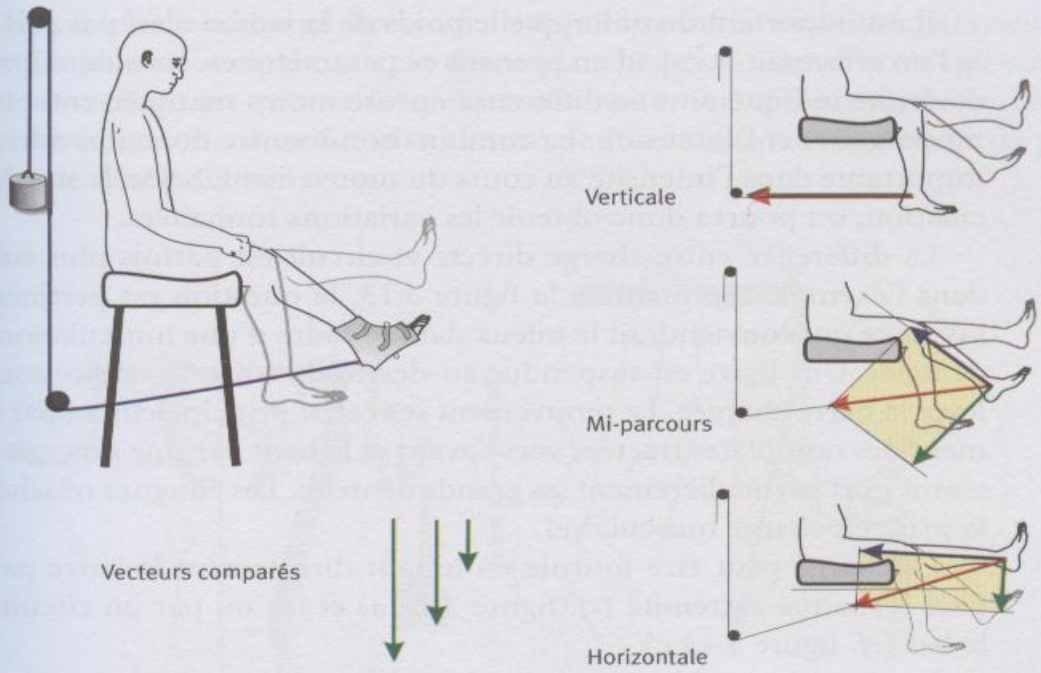


Fig. 3.11 – Décomposition des forces issues d'un circuit.

À noter également que si nous avons choisi dans cet exemple un angle de 90° de l'élingue du circuit par rapport à la jambe en départ du mouvement, les calculs peuvent encore donner de sensibles différences en choisissant un angle oblique au départ. De même, la distance séparant la première poulie par rapport à la jambe sera également de nature à modifier plus ou moins rapidement l'angle que forme le brin avec la jambe au cours du mouvement.

Enfin, si on remplace la charge en bout de circuit par un ressort (dont on pourra fixer la tension au départ avec une élingue de mise en pré-tension), la décomposition des forces suit la même allure que celle présentée précédemment mais les trois vecteurs concernés augmentent proportionnellement à l'intensité induite par le ressort. L'intensité de la tension augmentant lors du mouvement compense le rendement moindre de Cr dû à l'angle du circuit. Rappelons que c'est la Cr qui sera la résistance effectivement à vaincre par le quadriceps.

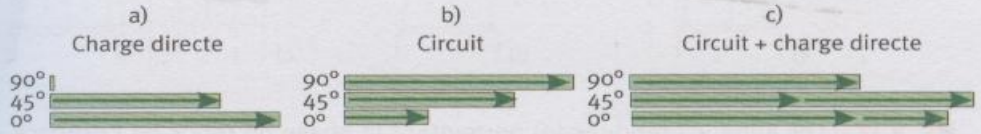


Fig. 3.12 – Les vecteurs issus des composantes de rotation sont replacés ici en vue d'une comparaison. – a) De haut en bas, Cr depuis la flexion à 90° jusqu'à l'extension. – b) La situation équivalente pour le circuit. – c) Une combinaison des deux, avec cumul des vecteurs des schémas de gauche.

Il est important de noter que le poids de la jambe n'est pas pris en compte. Si l'on effectuait le calcul en prenant ce paramètre en considération, le schéma de droite indiquerait une différence encore moins marquée entre la position à mi-parcours et l'extension. La combinaison montre donc une variation moins importante dans l'intensité au cours du mouvement. Selon la stratégie de musculation, on pourra donc obtenir les variations souhaitées.

La différence entre charge directe et circuit est parfois plus subtile. Ainsi, dans l'exemple représenté à la figure 3.13, la question est pertinente quant à savoir ce qui conviendrait le mieux dans le cadre d'une musculation des grands dentelés. Une barre est suspendue au-dessus du sujet, l'exercice consiste à soulever la barre chargée. Le mouvement se réalise principalement par un basculement des omoplates tractées vers l'avant et le haut par une synergie musculaire visant plus particulièrement les grands dentelés. Les élingues relâchées attestent la prise en charge musculaire.

La charge peut être fournie en lestant directement la barre par des poids fixés à chaque extrémité (*cf.* figure 3.13 a) et b), ou par un circuit dirigé vers le bas (*cf.* figure 3.13 c).

Le circuit peut, bien entendu, fournir une composante antérieure ou postérieure selon qu'on place le sujet face ou dos à la cage, avec un décentrage plus ou moins important par rapport au plan frontal du patient vers l'arrière ou vers l'avant.

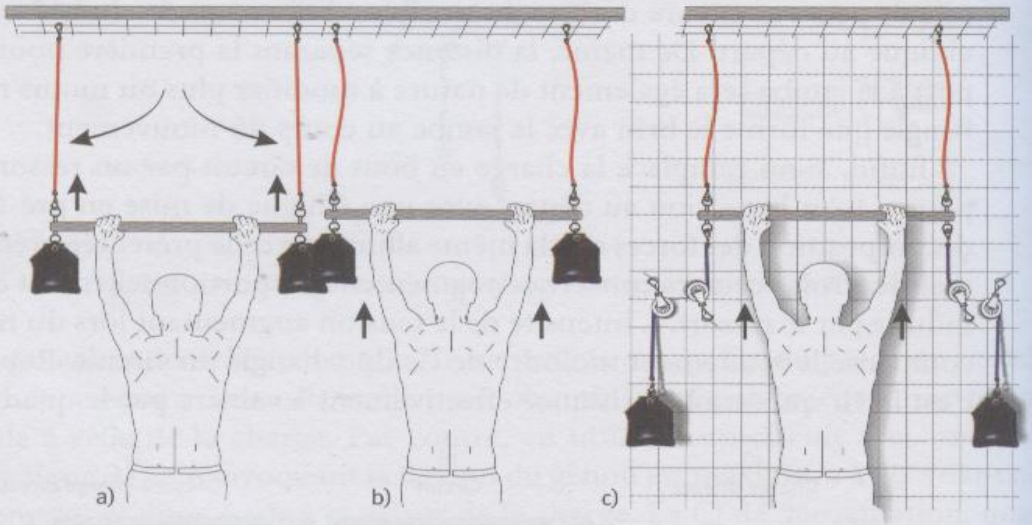


Fig. 3.13 – Les élingues tendues (a) permettent la phase de repos de l'exercice – a) et b) Barre lestée directement – c) Circuit dirigé vers le bas.

Si le circuit est strictement vertical, la situation est comparable lorsque l'exercice est réalisé. Cependant, une différence notable survient lorsque les bras oscillent autour de la verticale.

Dans le cas de la charge directe, le déséquilibre initial est auto-aggravant. La situation peut se comparer au cas d'une planche posée à la verticale qui voit sa chute s'accélérer dès qu'un déséquilibre s'est amorcé. Les forces latérales issues du poids augmentent au fur et à mesure de l'inclinaison et aggravent de plus en plus le déséquilibre.

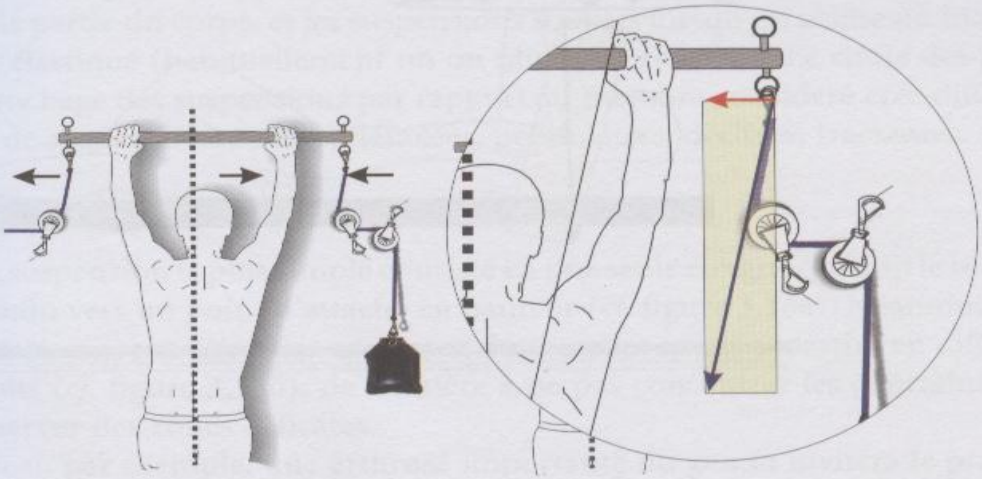


Fig. 3.14 – Composante latérale correctrice dans le circuit.

Dans le cas d'un circuit, la décomposition des forces se fait différemment, la direction oblique des brins fait naître une composante latérale tendant à recentrer le circuit.

EFFETS PROPRIOCEPTIFS

Ceci peut avoir son importance si l'on cherche à stimuler la proprioception. En effet, dans le cas d'une charge directe, le déséquilibre constant est de nature à faire fonctionner à plein rendement les capteurs proprioceptifs avec les réponses musculaires adéquates (*cf.* figure 3.15). Néanmoins, en début de rééducation, l'articulation ou la musculature n'est pas toujours prête pour ce type d'activité et on optera plutôt pour un circuit.

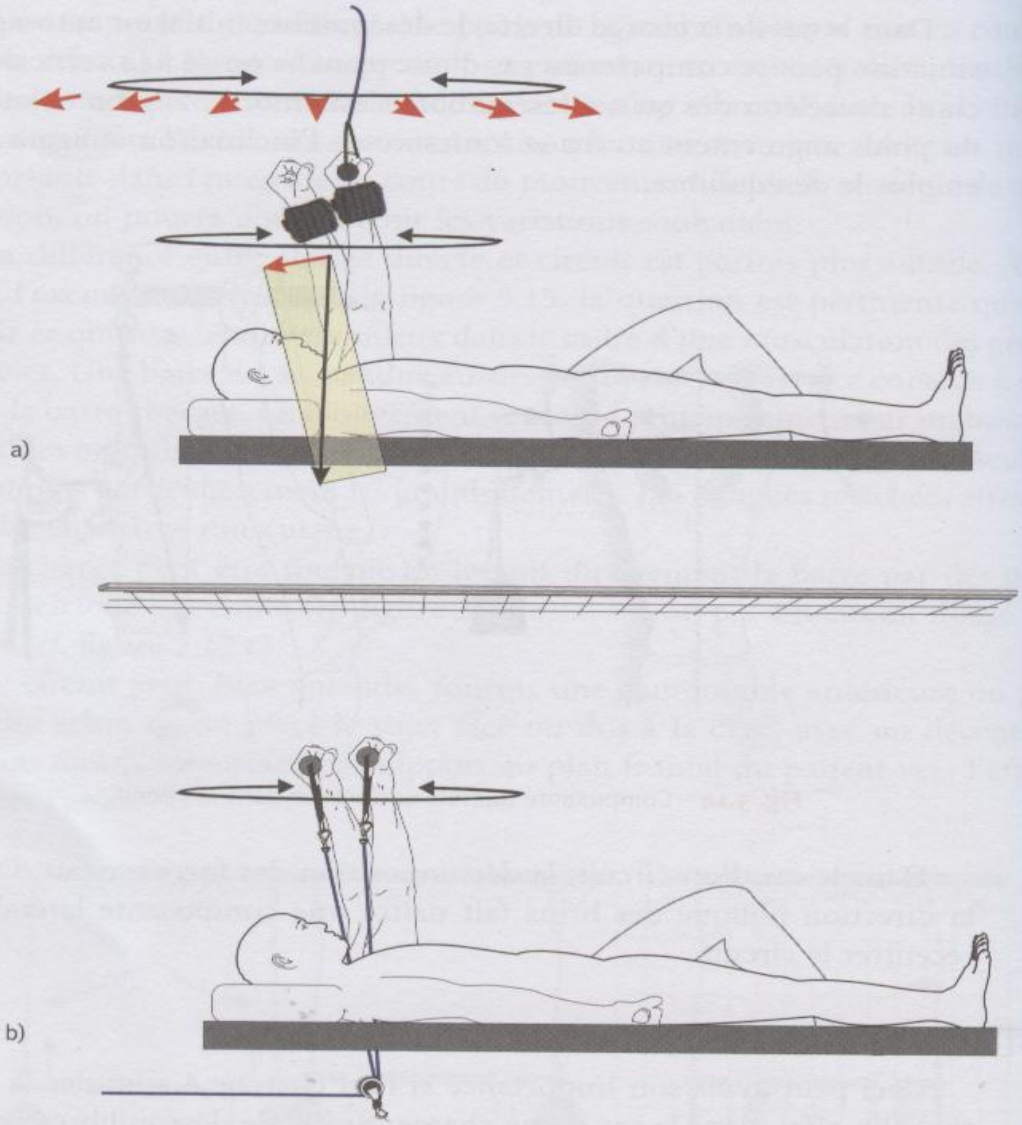


Fig. 3.15 – a) Si l'état articulaire le permet, on intensifiera le travail musculaire en lestant le poignet et/ou en pratiquant une circumduction plus étendue en relâchant le réglage de la suspension. Les composantes latérales seront d'autant plus puissantes que l'inclinaison du bras et le lestage sont importants. – b) Même exercice à partir d'un circuit : pour une charge égale placée en bout de circuit, l'exercice sera plus doux que dans la situation a).

2 LES SUSPENSIONS

Les suspensions sont, dans la plupart des cas, utilisées comme base pour d'autres montages. Cependant, dans certains cas, elles se suffisent à elles-mêmes et peuvent rendre bien des services.

On distingue les suspensions fixes utilisant des élingues pour suspendre telle ou telle partie du corps, et les suspensions souples lorsqu'on utilise un intermédiaire élastique (habituellement un ou plusieurs ressorts). Le choix des points d'accrochage des suspensions par rapport au membre considéré crée différents types de suspensions : axées, désaxées, pendulaires, déclives, tractantes.

LA SUSPENSION DÉCLIVE

La suspension la plus simple consiste en une seule élingue qui unit le membre suspendu vers un point d'attache en hauteur (*cf.* figure 3.16a). Néanmoins, on préférera souvent une prise en charge du membre qui se répartira en différents endroits (*cf.* figure 3.16b), de manière à ne pas concentrer les contraintes, ou à préserver des zones délicates.

Ainsi, par exemple, une arthrose importante du genou invitera le praticien à choisir une suspension qui prend une grande partie du poids du membre inférieur en charge au niveau de la cuisse. Il peut y avoir deux (ou plus) élingues offrant un soutien au membre.

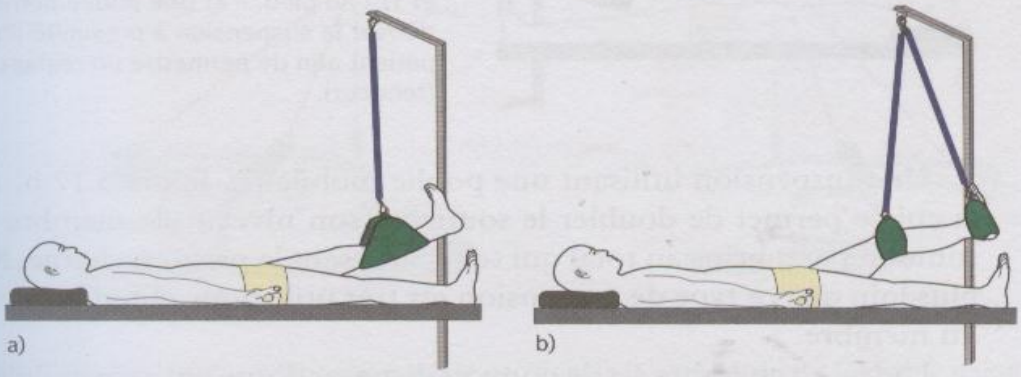


Fig. 3.16 – a) Simple suspension de mise en déclive. – b) Suspension répartie : elle permet de régler un degré de flexion de genou.

Ces simples suspensions peuvent être utiles dans une chambre d'hôpital ou à domicile pour offrir une position déclive, généralement pour des raisons circulatoires.

Les suspensions par élingues fixes peuvent être remplacées dans certains cas par une suspension plus libre, à l'aide d'une poulie (*cf.* figure 3.17). La seule différence se situe par l'apport d'un équilibre automatique de la tension des brins supportant le membre. Par contre, elles ne permettent pas d'assurer une

position différentielle pour les différentes parties du membre suspendu. En figure 3.17 a), la suspension par poulie place le genou en extension, et on peut concevoir que cette situation n'est pas souhaitée pour certains patients.

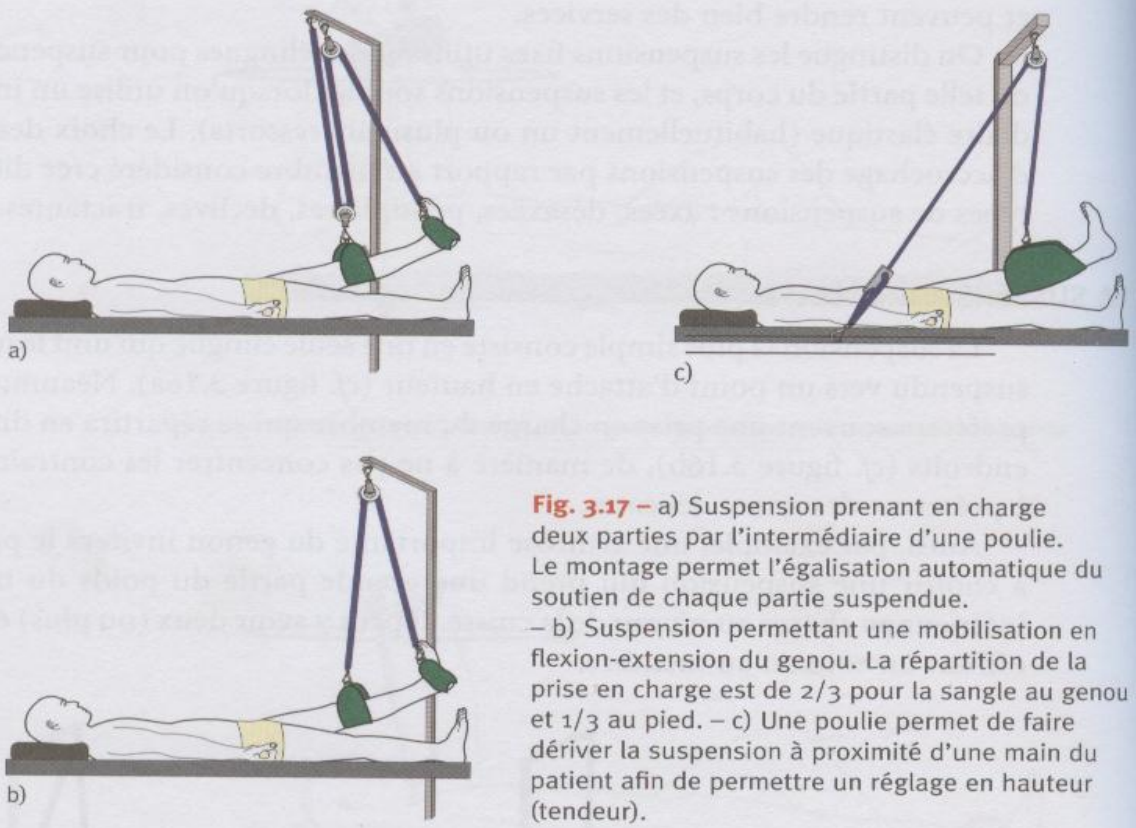


Fig. 3.17 – a) Suspension prenant en charge deux parties par l'intermédiaire d'une poulie. Le montage permet l'égalisation automatique du soutien de chaque partie suspendue. – b) Suspension permettant une mobilisation en flexion-extension du genou. La répartition de la prise en charge est de 2/3 pour la sangle au genou et 1/3 au pied. – c) Une poulie permet de faire dériver la suspension à proximité d'une main du patient afin de permettre un réglage en hauteur (tendeur).

Une suspension utilisant une poulie mobile (*cf.* figure 3.17 b) au niveau de la cuisse permet de doubler le soutien à son niveau : le membre inférieur est soutenu par 3 brins au total qui se répartissent la prise en charge. Nous verrons plus loin que ce type de suspension est très utile pour obtenir une mobilisation du membre.

L'idéal en chambre est de pouvoir disposer d'une potence mobile, de manière à pouvoir placer le point d'accrochage supérieur à l'endroit souhaité. Grâce à une poulie, on peut également permettre au patient de modifier lui-même en hauteur la suspension (*cf.* figure 3.17 c).

LA SUSPENSION AXIALE

Il faut distinguer les suspensions axiales à l'aplomb, nommées ainsi lorsque l'accrochage des suspensions se place verticalement au-dessus de l'articulation que l'on désire mobiliser (*cf.* figures 3.18 et 3.19), et les suspensions axiales obliques (*cf.* figures 3.21 et suivantes).

Les suspensions axiales à l'aplomb permettent la réalisation de mouvements dans le plan horizontal de l'espace. En général, on installe le patient de manière à placer horizontalement son plan frontal ou sagittal, mais on peut parfois être amené à positionner le patient en oblique.

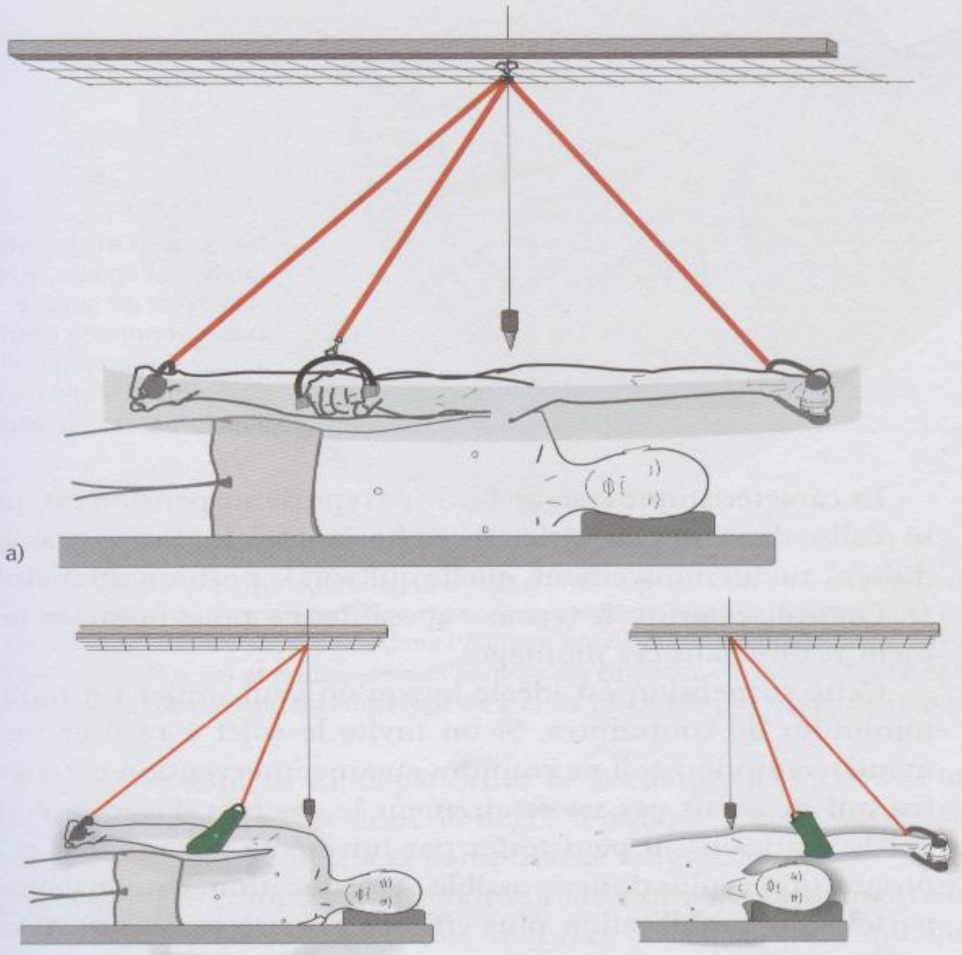


Fig. 3.18 – Couché latéral : suspension axiale de l'épaule. La suspension à l'aplomb d'une articulation détermine un mouvement dans un plan horizontal.

Les figures 3.18 et 3.19 montrent une suspension axiale à l'aplomb de l'épaule d'un sujet placé en couché latéral, permettant à celui-ci de réaliser des mouvements dans le plan sagittal de l'articulation.

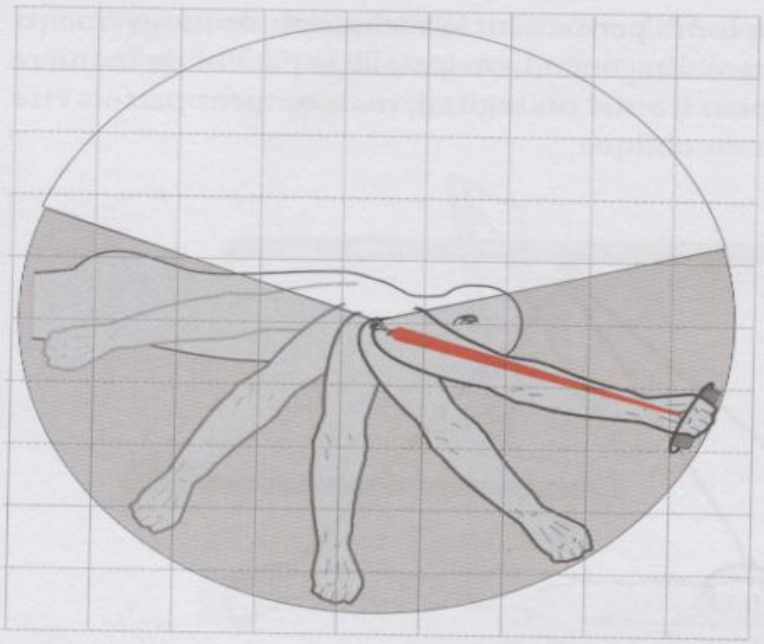


Fig. 3.19 – Couché latéral : suspension axiale de l'épaule, vue par-dessus le plafonnier de la cage. La suspension axiale permet de décrire un arc de cercle autour de son point d'accrochage. L'amplitude réelle de l'arc de cercle sera limitée par les possibilités articulaires.

La caractéristique essentielle de ce type de suspension est que le mouvement se réalise dans un plan strictement horizontal, les forces gravitationnelles n'induisent aucun mouvement, quelle que soit la position du membre dans ce plan.

On utilise parfois le terme « apesanteur » pour nommer le type de mouvement réalisé dans ces montages.

Cette suspension est idéale lorsqu'on veut initier un mouvement avec un minimum de contraintes. Si on invite le sujet à réaliser un mouvement de manière autonome, il ne craindra aucune intervention extérieure intempestive (ce qui ne serait pas nécessairement le cas lors d'une mobilisation conduite par le praticien). Il peut tester par lui-même sa mobilité, et entamer avec la progression la plus douce possible sa rééducation. Une suspension permet donc parfois une mobilisation plus efficace grâce à ce sentiment de confiance que peut ressentir le patient.

IMPORTANCE DE LA COMPOSANTE LONGITUDINALE (CL) LORS DE LA SUSPENSION AXIALE

Le fait qu'une suspension axiale à l'aplomb permette au sujet de réaliser un mouvement débarrassé de la contrainte de la pesanteur ne l'affranchit cependant pas de certaines conséquences de la gravité.

En effet, la tension des élingues nécessaires à la prise en charge du poids suspendu génère des forces, notamment longitudinales, dans l'axe du membre.

La tension dans l'élingue doit être suffisamment importante pour générer une composante de rotation (Cr) prenant en charge P (poids du membre au niveau de suspension). Cette tension crée une composante longitudinale qui se transmet au membre, puis se disperse progressivement dans le bassin et le corps du patient.

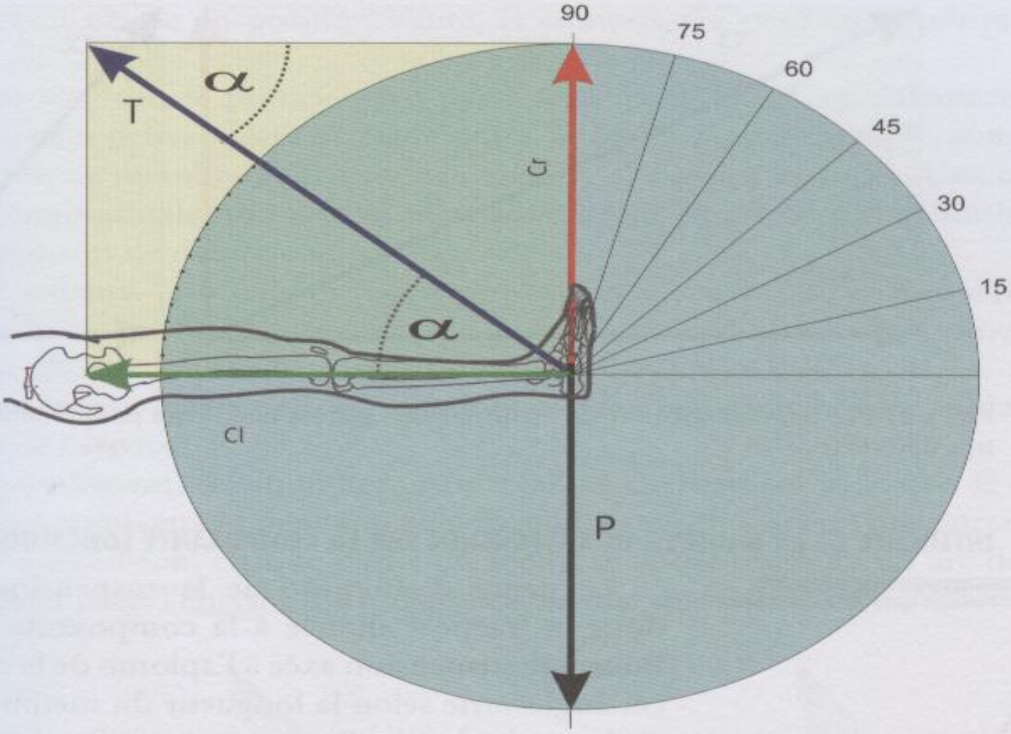


Fig. 3.20 – P représente la partie du poids du membre inférieur qui doit être pris en charge par l'élingue à ce point de suspension. Cr est la composante de rotation (ici verticale) en sens inverse de P. T est la tension nécessaire dans l'élingue pour fournir la composante de rotation. Elle dépend de P (ici, P = Cr) et de l'angle de l'élingue. La composante longitudinale naît de la tension de l'élingue. Elle dépend de l'intensité de T et de son angle par rapport au membre.

La tension T, et donc sa Cl, dépendront de la charge (ici P) et de l'angle de l'élingue de suspension. C'est donc le degré d'obliquité de la suspension qui déterminera la fraction allouée à la composante longitudinale.

Le calcul de cette composante longitudinale s'obtient facilement en dessinant un rectangle de (dé)composition de forces ou en utilisant quelques formules trigonométriques de base :

$$\text{si } T = 1, \text{ alors } Cr = T \times \sin \alpha \text{ et } Cl = T \times \cos \alpha$$

Dans le cas présent, Cr est connue puisque c'est elle qui prend en charge P. Si Cr = 1, alors T vaut $1/\sin \alpha$ et Cl vaut $Cr \times \text{cotg}\, \alpha$.

Théoriquement, pour un angle et un poids donné, nous pouvons calculer exactement les différents paramètres. Mais la décomposition des forces grâce à un dessin permet d'avoir une très bonne approximation.

Ainsi, si nous dessinons le vecteur P avec une correspondance de 1 kg par centimètre, il nous suffira de mesurer avec une règle graduée la longueur des autres vecteurs, et donc leurs valeurs respectives.

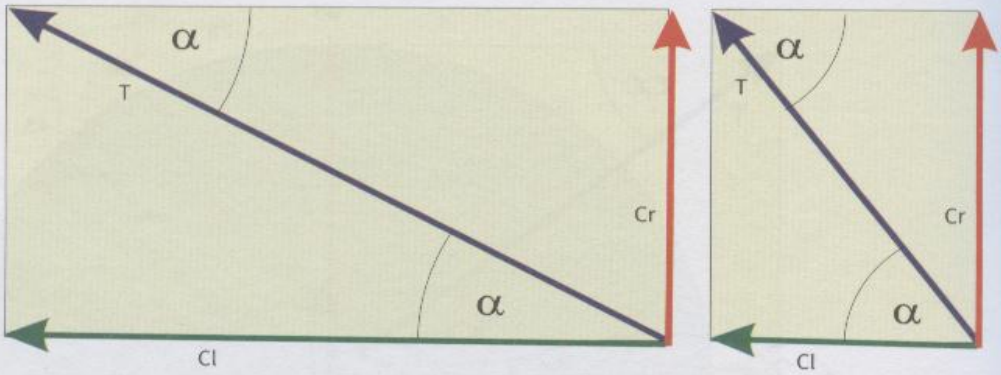


Fig. 3.21 – Le degré d'obliquité de la suspension génère une Cl qui peut atteindre une valeur très différente.

INFLUENCE DE LA HAUTEUR DE SUSPENSION SUR LA COMPOSANTE LONGITUDINALE

Le degré d'obliquité de la suspension déterminera donc la fraction allouée à la composante longitudinale. Pour une suspension axée à l'aplomb de la coxo-fémorale, cet angle varie selon la longueur du membre inférieur, et également selon la distance entre celle-ci et le plafonnier. Entre un montage, le patient étant au sol, et un autre, la

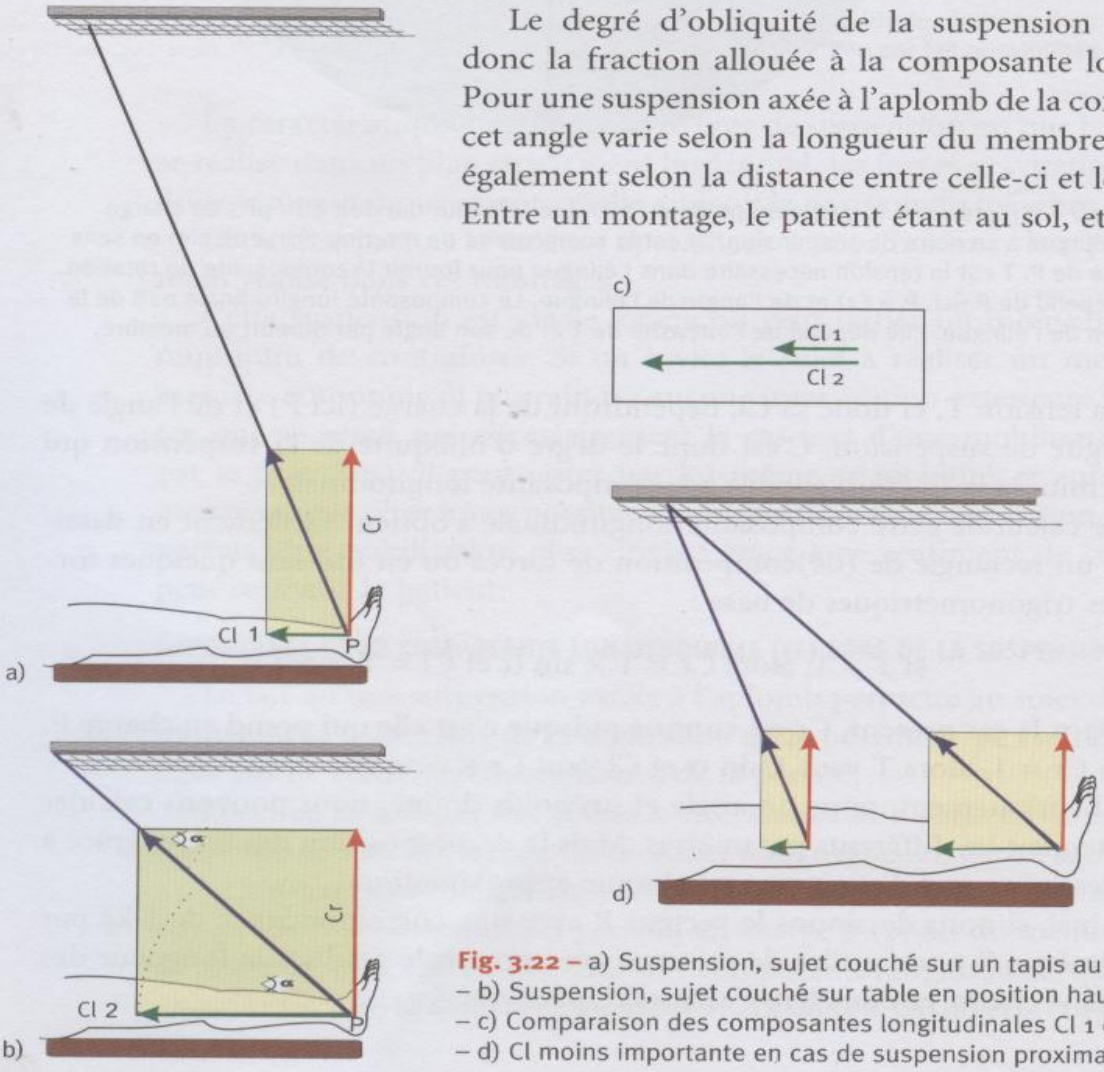


Fig. 3.22 – a) Suspension, sujet couché sur un tapis au sol.
– b) Suspension, sujet couché sur table en position haute.
– c) Comparaison des composantes longitudinales Cl 1 et Cl 2.
– d) Cl moins importante en cas de suspension proximale.

table étant placée en position haute, la composante peut être multipliée par deux.

Bien souvent, le praticien n'a pas à tenir compte de ces différences mais parfois, elles peuvent être déterminantes. C'est le cas, par exemple, suite à une opération au membre inférieur, si la mise en charge est interdite. Une composante longitudinale trop intense peut donc être indésirable, et on choisira alors la suspension de manière adéquate.

Par ailleurs, en doublant la suspension avec une sangle placée davantage près de la racine du membre, l'angle de la suspension sera en moyenne moins oblique qu'avec une seule suspension distale (*cf.* figure 3.22d).

La suspension axiale à l'aplomb implique un déplacement dans le plan horizontal de l'espace.

Généralement, les montages sont réalisés de manière à ce que le patient réalise un mouvement dans son plan frontal ou sagittal. Si l'on raccourcit l'élingue de suspension, chaque partie du membre décrit toujours un arc de cercle horizontal mais l'ensemble du membre dessine une forme conique.

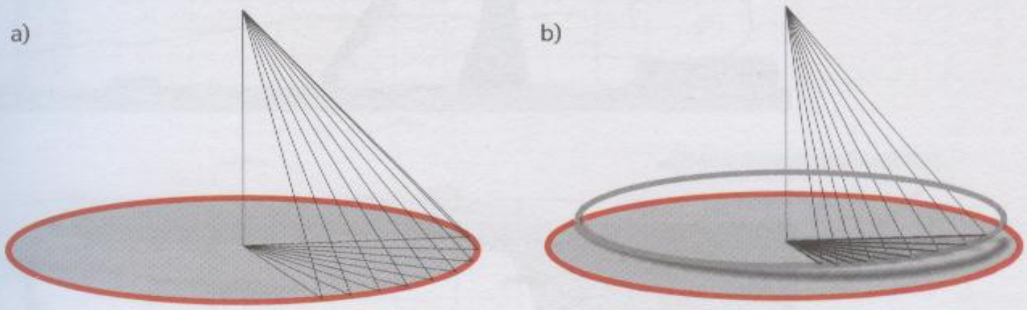


Fig. 3.23 – a) Élingue réglée de manière à ce que le membre soit horizontal. – b) Élingue réglée de manière à ce que le membre soit en flexion.

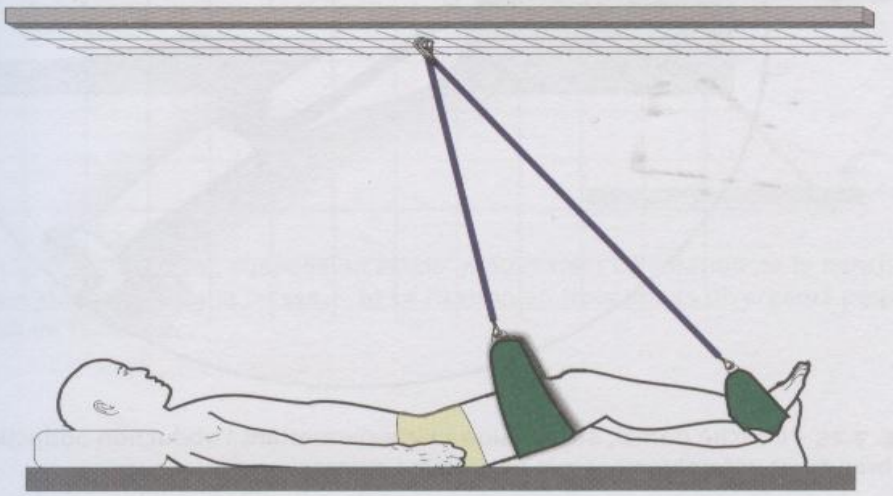


Fig. 3.24 – Réglage de la suspension permettant le positionnement en flexion du genou.

Le fait d'être amené à devoir régler la longueur des élingues à différentes hauteurs (un *flexum* du genou ou un but circulatoire, par exemple) n'enlève rien au caractère horizontal du mouvement, le mode « apesanteur » est donc conservé.

EXEMPLE 1 : ABDUCTION-ADDUCTION DE L'ÉPAULE EN COUCHÉ DORSAL

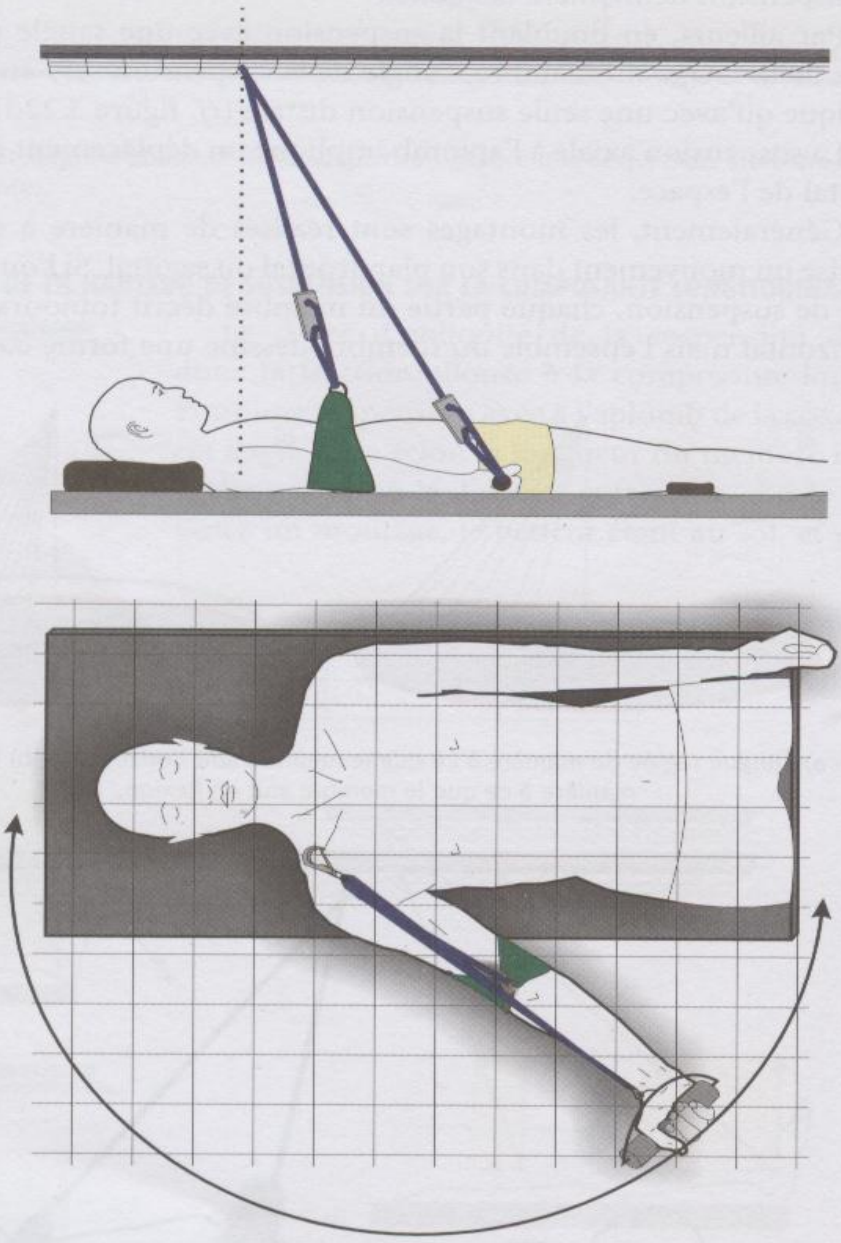


Fig. 3.25 – Couché dorsal, suspension axiale permettant l'abduction-adduction de l'épaule, le bras étant préalablement mis en rotation externe.

EXEMPLE 2 : ROTATION INTERNE-EXTERNE DE LA HANCHE (CUISSE FLÉCHIE À 90°) EN COUCHÉ DORSAL

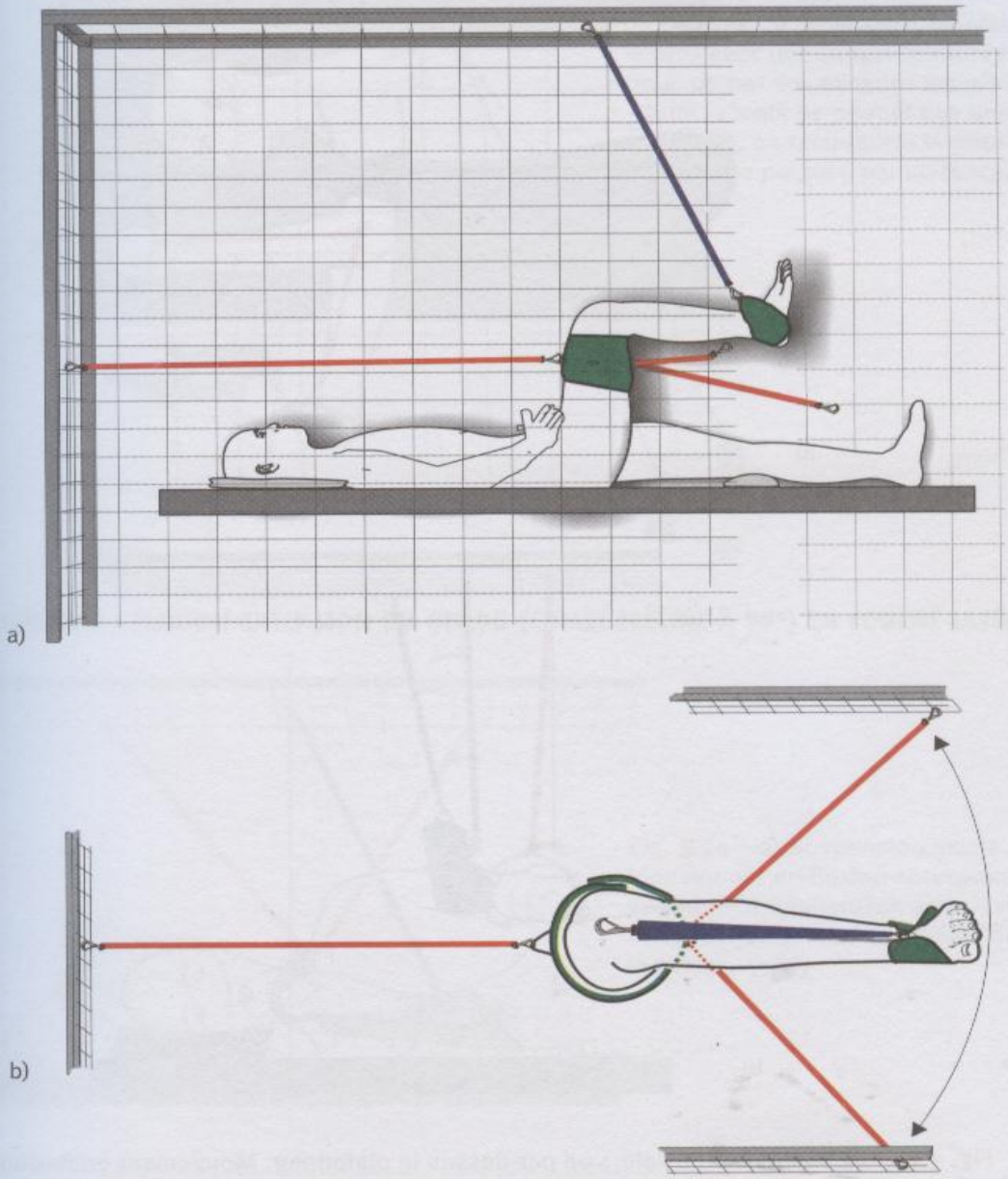
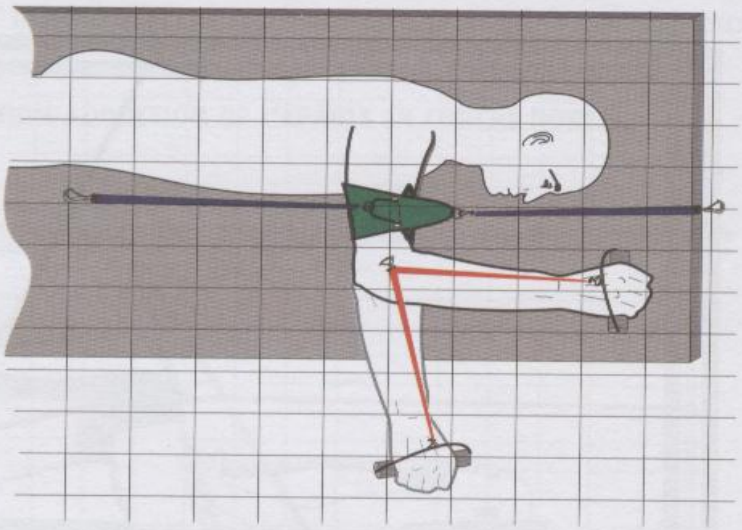
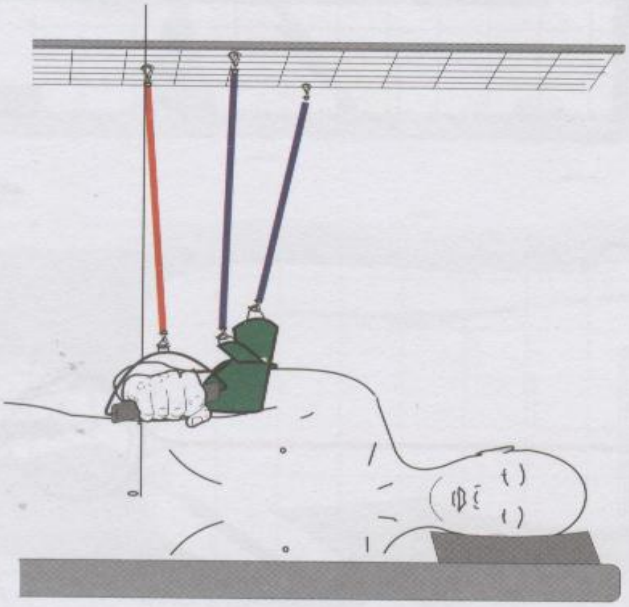


Fig. 3.26 – a) Couché dorsal, suspension axiale. Mouvement de rotation de la hanche et stabilisation triangulaire de la cuisse. – b) La fixation en trois points divergents permet une stabilisation de la cuisse.

EXEMPLE 3 : FLEXION-EXTENSION DU COUDE EN COUCHÉ LATÉRAL



a)



b)

Fig. 3.27 – a) Suspension axiale, vue par-dessus le plafonnier. Mouvement en flexion-extension du coude. Le bras peut être placé à différents degrés de flexion pour modifier les longueurs du biceps et triceps brachial. – b) Suspension axiale. Stabilisation croisée du bras.

EXEMPLE 4 : ROTATION DU BRAS EN POSITION DEBOUT OU ASSISE

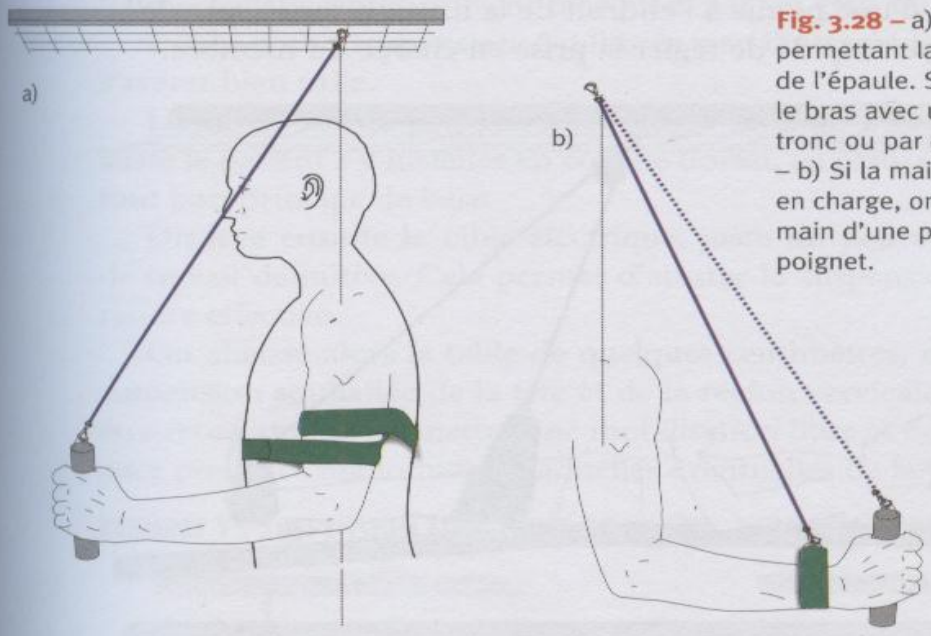


Fig. 3.28 – a) Suspension axiale permettant la rotation interne et externe de l'épaule. Si nécessaire, on stabilisera le bras avec une sangle ceinturée sur le tronc ou par des élingues extérieures. – b) Si la main ne permet pas une prise en charge, on remplacera la prise en main d'une poignée par un bracelet au poignet.

EXEMPLE 5 : FLEXION-EXTENSION DU GENOU (CUISSE FLÉCHIE À 90°) EN COUCHÉ LATÉRAL

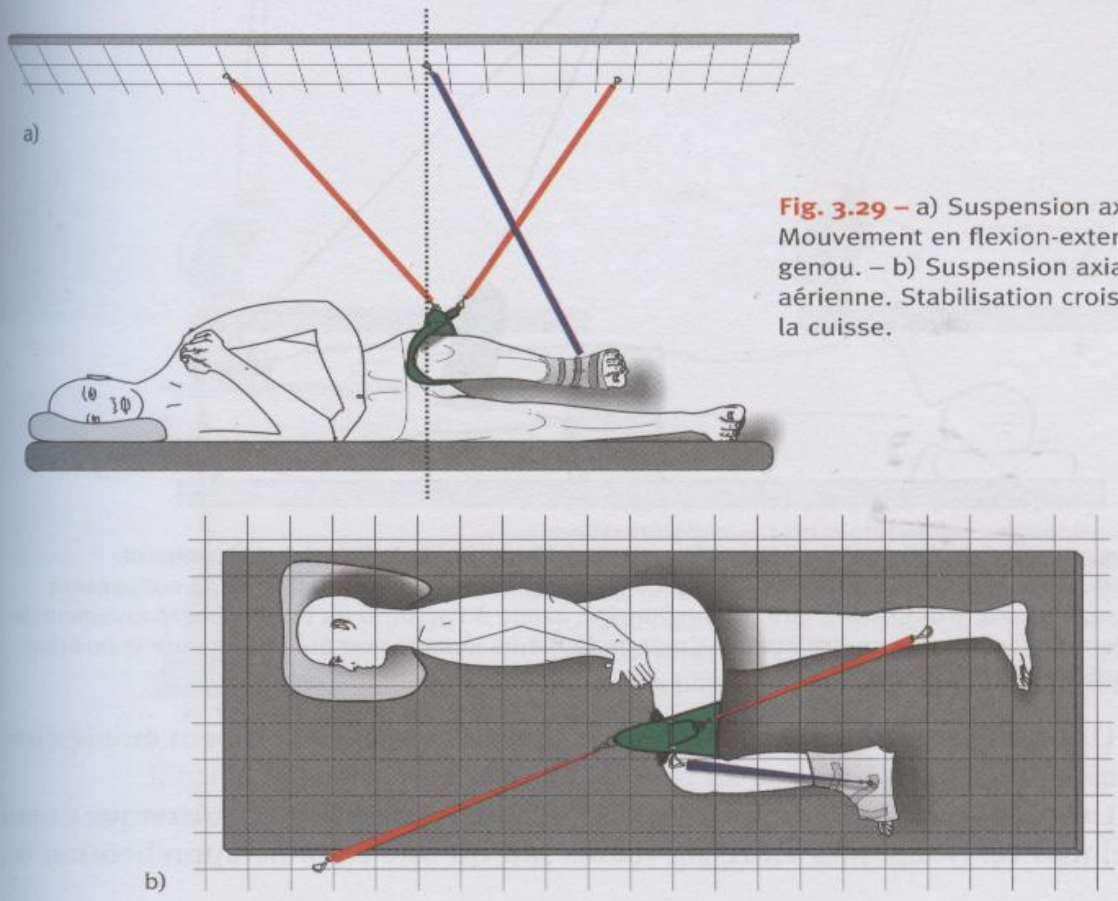


Fig. 3.29 – a) Suspension axiale. Mouvement en flexion-extension du genou. – b) Suspension axiale, vue aérienne. Stabilisation croisée de la cuisse.

EXEMPLE 6 : SUSPENSION ÉQUILIBRÉE PAR POULIE(S) CUISSE ET JAMBE

L'utilisation d'une poulie à l'endroit de la fixation supérieure de la suspension est un moyen rapide de régler la prise en charge du membre.

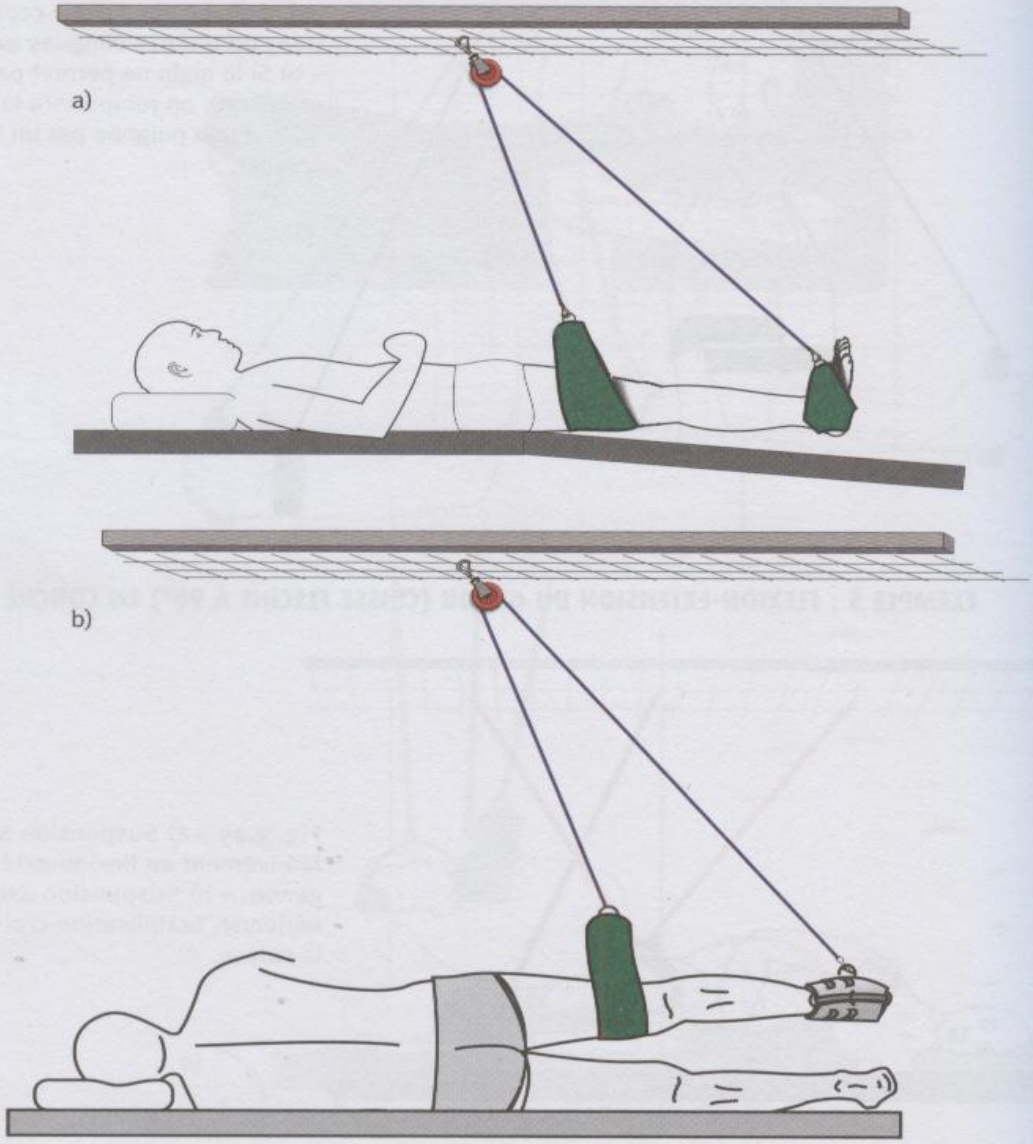


Fig. 3.30 – a) Couché dorsal. Suspension axiale à l'aplomb de la hanche. Mouvement d'abduction-adduction sans contraintes. La poulie permet une égalisation de la suspension cuisse/cheville. – b) Couché latéral. Suspension axiale à l'aplomb de la hanche. Mouvement de flexion-extension sans contraintes. Il s'agit de la même suspension qu'en a), seule la position du sujet a été modifiée.

Une application très intéressante de ce type de suspension peut être réalisée au niveau cervical.

La colonne cervicale est une région souvent très sensible et quiconque a tenu quelques cervicalgiques entre ses mains sait qu'une certaine appréhension du

patient est parfois très palpable, généralement plus palpable que ne le sont les lésions sous-jacentes souvent masquées par un étau musculaire.

L'aide d'une suspension équilibrée par l'intermédiaire d'une poulie peut s'avérer bien utile.

Le mieux est de préparer une sangle de support sur un coussin plat. On laisse le patient s'y installer en couché dorsal, en assurant son confort, comme tout bon principe de base.

On lève ensuite la table électrique, juste un peu au-dessus de la hauteur de travail définitive. Cela permet d'ajuster la suspension mais sans encore la rendre effective.

On abaisse alors la table de quelques centimètres, de manière à réaliser la suspension souhaitée de la tête et de la région cervicale. Le coussin peut alors être retiré afin de permettre une mobilisation libre et également de libérer l'espace pour des manœuvres manuelles éventuelles de la part du praticien.

EXEMPLE 7 : SUSPENSION ÉQUILIBRÉE DE LA TÊTE, PERMETTANT UNE MOBILISATION AISÉE

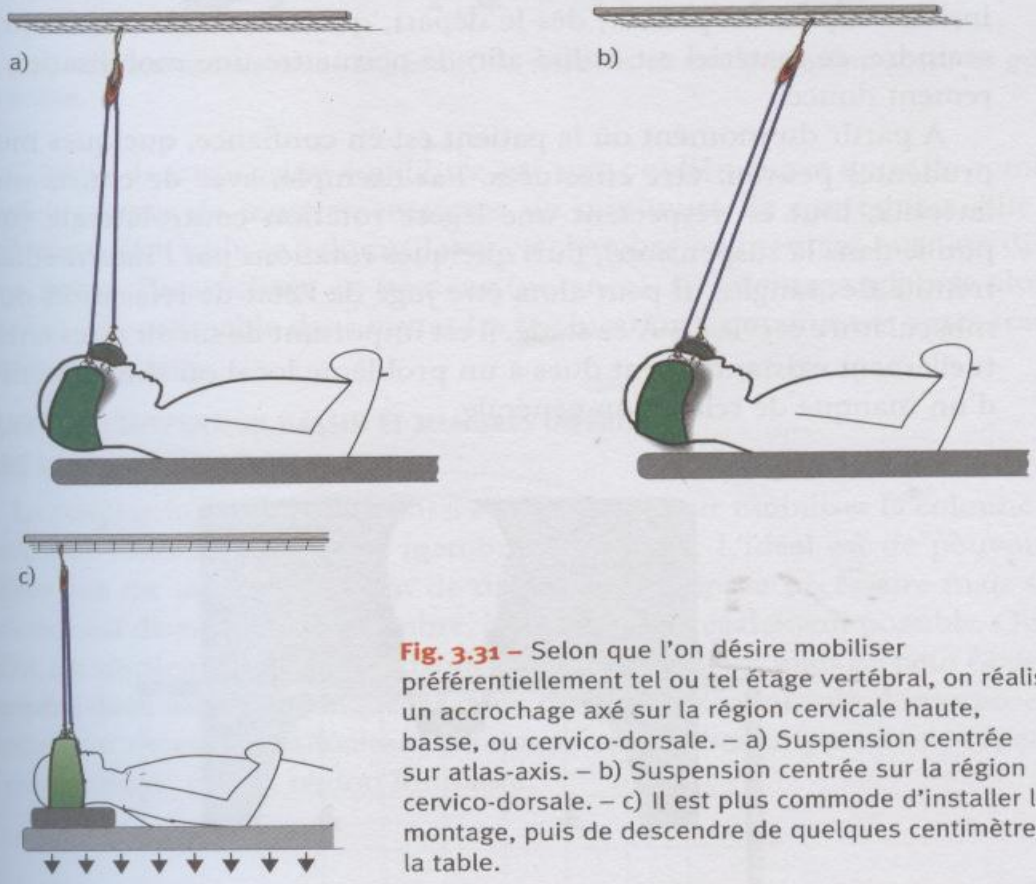


Fig. 3.31 – Selon que l'on désire mobiliser préférentiellement tel ou tel étage vertébral, on réalise un accrochage axé sur la région cervicale haute, basse, ou cervico-dorsale. – a) Suspension centrée sur atlas-axis. – b) Suspension centrée sur la région cervico-dorsale. – c) Il est plus commode d'installer le montage, puis de descendre de quelques centimètres la table.

L'utilisation d'une poulie à l'endroit de la fixation supérieure de la suspension est un moyen rapide de régler la prise en charge du membre.

La première séance, il ne faut pas hésiter à utiliser quelques techniques de relaxation pour amener le patient à se détendre, par exemple en lui demandant de se relâcher lors de chaque expiration au niveau respiratoire. Au niveau de la tête, on indique, à chaque cycle respiratoire, de laisser peser librement, et de mieux en mieux, sa tête sur la sangle.

Éventuellement, un dynamomètre est placé entre la poulie et le plafonnier, ou entre la sangle et le circuit. Ceci permet, selon la mesure renseignée, de savoir si le patient est parfaitement relâché, le poids de sa tête étant complètement pris en charge par la suspension et non partiellement par les muscles fléchisseurs de la tête et de la région cervicale.

Éventuellement, on fait effectuer quelques mouvements latéraux et quelques rotations de chaque côté, très doucement. Cela permet déjà de déceler si des craintes ou des réactions interviennent dans certains secteurs de la mobilisation. Quant au patient, il prend conscience du « cadre » de cette suspension.

En effet, il ne faut pas oublier l'aspect psychologique. La cage qui l'entoure, avec ses accessoires, n'a rien de très rassurant au premier abord. Il faut bien insister auprès du patient, dès le départ, qu'au contraire de ce qu'il pourrait craindre, ce matériel est utilisé afin de permettre une mobilisation particulièrement douce.

À partir du moment où le patient est en confiance, quelques mobilisations prudentes peuvent être effectuées. Par exemple, avec de courts mouvements latéraux, tout en respectant une légère rotation controlatérale (utilité de la poulie dans la suspension), puis quelques rotations par l'intermédiaire de l'extrémité des sangles. Il peut alors être jugé de l'état de relaxation ou non de la musculature cervicale. À ce stade, il est important de savoir si les tensions éventuellement existantes sont dues à un problème local ou simplement le résultat d'un manque de relaxation générale.

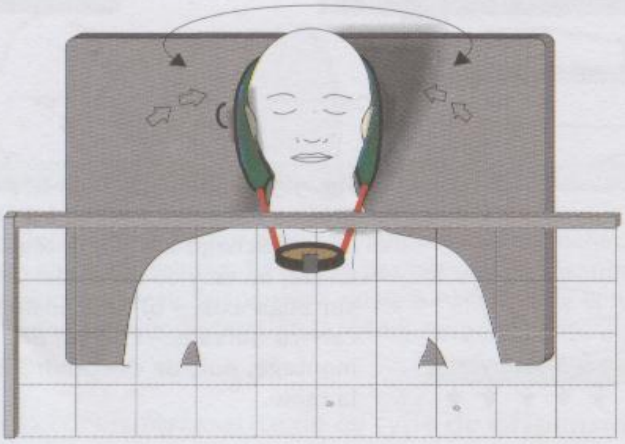


Fig. 3.32 – Suspension compensée par poulie.

Lorsqu'une détente générale est acquise, une massothérapie adéquate peut être pratiquée. La suspension est ici bien utile, aussi bien pour le dégagement de la région cervicale qu'elle permet que pour les mises en positions de latéro-rotations, assurant ainsi plus de possibilités aux manœuvres manuelles.

La suspension peut faciliter aussi bien des manœuvres de massage que des mobilisations analytiques. À titre d'exemple, il est même possible, si cela est souhaité, de modifier la hauteur de la table électrique à l'aide de la commande au pied, afin de modifier la position des étages vertébraux de concert avec un geste manuel correctif.

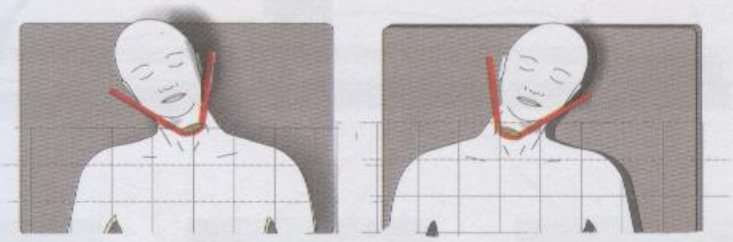


Fig. 3.33 – Flexion latérale droite et gauche, les rotations correctrices restent possibles grâce à la poulie.

Ce type de suspension équilibrée par une poulie permet donc de combiner plusieurs types de mouvements avec un minimum de contraintes. Elle peut facilement être utilisée à domicile ou en chambre pour autant que l'on dispose d'un point d'accrochage en hauteur (potence). Ce montage apporte alors un bienfait très estimable dans toutes les rééducations, notamment après traumatismes cervicaux.

EXEMPLE 8 : SUSPENSION BASSIN ET MEMBRES INFÉRIEURS DANS LA MOBILISATION DU BASSIN

La suspension axiale peut aussi être utilisée pour mobiliser la colonne lombaire par l'intermédiaire des membres inférieurs. L'idéal est de pouvoir travailler sur un tapis au sol afin de disposer de l'espace nécessaire mais si une potence est disponible en chambre, le montage est également possible. On peut offrir un soutien séparé pour chaque membre inférieur, mais on peut également prendre dans une seule sangle les deux pieds, en prenant soin d'interposer une protection entre les malléoles. Une sangle sous le bassin permet de répercuter le mouvement vers la région lombaire.

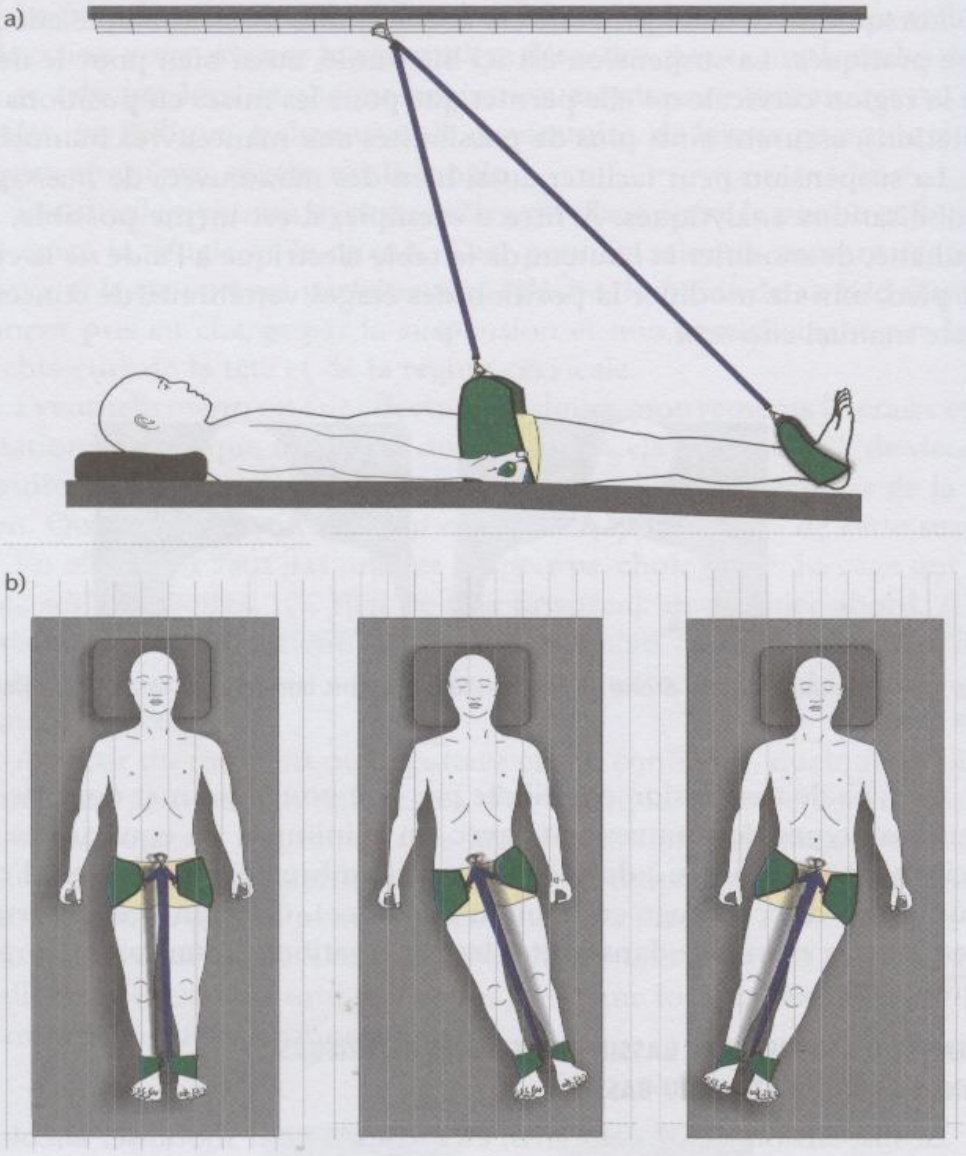


Fig. 3.34 – Suspension axiale centrée sur la région lombaire.

LA SUSPENSION LESTÉE

Une suspension peut être lestée. Le plus facile est d'utiliser les charges sous forme de bracelets que l'on entoure autour du membre. Mais quel intérêt peut-il y avoir à lester un membre qui se meut dans un plan horizontal grâce à une suspension axiale ?

En fait, l'ajout d'une charge au niveau de l'extrémité d'un membre augmente l'inertie de celui-ci. Ceci aura plusieurs conséquences. La première est que l'initiation du mouvement est légèrement plus difficile à réaliser pour le

patient et nécessite donc une contraction musculaire plus importante qu'une suspension délestée. La seconde est que le mouvement du membre sera plus ample grâce à l'inertie obtenue.

Pour bien appréhender ce principe physique, on peut donner l'image comparative d'un camion qui se trouverait sur une piste de patinage. Les forces de frottement sur la piste sont pratiquement nulles. Pourtant, pour le pousser, il faut concéder un effort important mais une fois en mouvement, il sera difficile d'arrêter sa course.

Bref, le lestage permet aussi bien une progression de la contraction musculaire que de l'amplitude du mouvement.

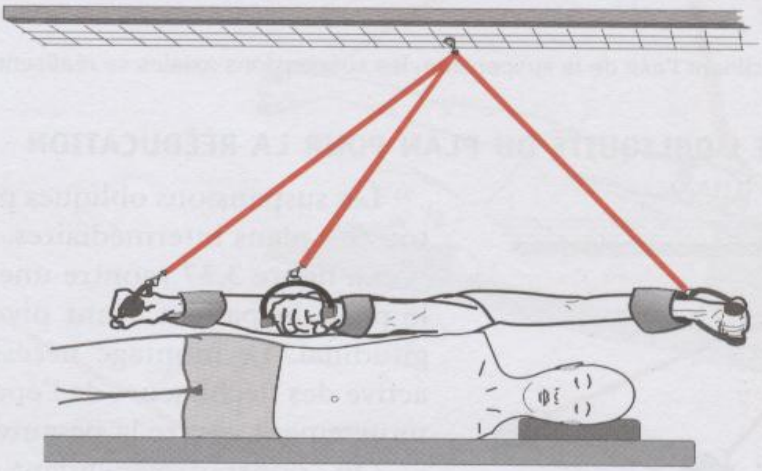


Fig. 3.35 – Suspension axiale de l'épaule avec lestage au niveau du poignet.

Les effets de l'inertie seront d'autant plus importants que la charge sera élevée et appliquée à l'extrémité du membre.

LA SUSPENSION AXIALE SUR PLAN OBLIQUE

Si nous reprenons toutes les installations axiales à l'aplomb décrites précédemment, et que nous les inclinons dans leur ensemble (sujet compris), les suspensions ne se réaliseront plus dans le plan horizontal de l'espace mais dans des plans obliques de l'espace.

Dès lors, la suspension axiale à l'aplomb que nous avons vue n'est qu'un cas particulier (mais intéressant), l'inclinaison du plan étant horizontale. L'intérêt d'une telle suspension est d'utiliser la gravité comme moteur d'un mouvement assouplissant ou comme résistance à un effort musculaire.

Il suffit de basculer le plan dans lesquels se situent le patient et son point de suspension pour obtenir cet effet.

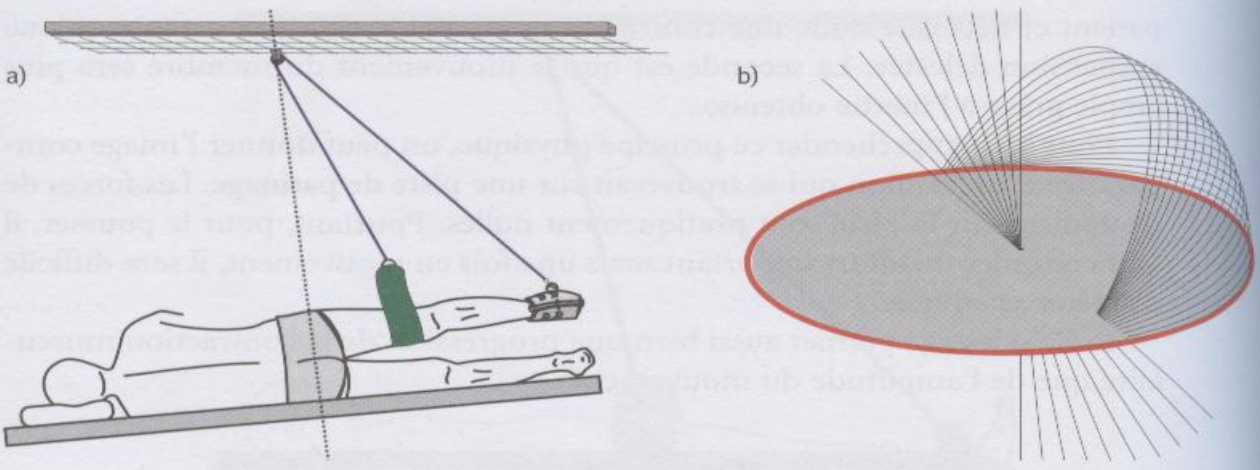
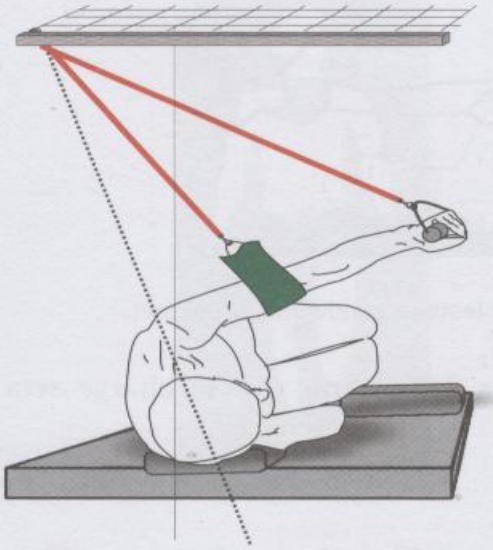


Fig. 3.36 – En inclinant l'axe de la suspension, les suspensions axiales se réalisent dans des plans obliques.

LE CHOIX DE L'OBLIQUITÉ DU PLAN POUR LA RÉÉDUCATION



Les suspensions obliques peuvent se réaliser sur tous les plans intermédiaires.

La figure 3.37 montre une suspension oblique, le plan du patient ayant pivoté sur son axe longitudinal. Le montage nécessite une contraction active des fléchisseurs de l'épaule pour effectuer le mouvement contre la pesanteur.

On pourrait cependant obtenir un travail similaire en inclinant la table selon un autre axe (*cf.* figures 3.39 et suivantes).

Fig. 3.37 – Suspension oblique en reculant le point d'accrochage en arrière de l'épaule. Le membre supérieur est positionné perpendiculairement à l'axe de la suspension.

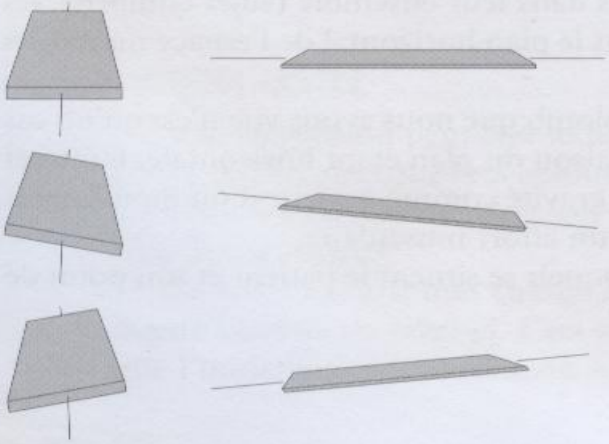


Fig. 3.38 – L'inclinaison du plan dans lequel se construira le mouvement peut être obtenue en inclinant la table latéralement ou longitudinalement (ou en installant le patient obliquement). En combinant les deux plans obliques, on peut obtenir le point neutre (le point le plus bas du mouvement) vers une angulation précise.

Ce type de suspension peut être utilisé comme progression dans tous les cas où la musculature est très peu puissante, ou lorsque les sollicitations sont souhaitées très progressives dans leur intensité.

Dans le cas de paralysie, les séances sont généralement motivantes pour le patient quand les mouvements qu'il effectue étaient impossibles dans les positions fonctionnelles.

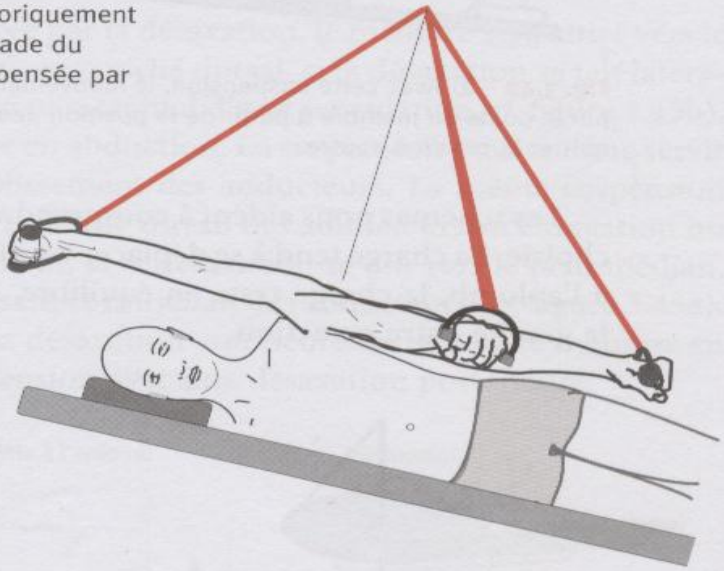


Fig. 3.39 – Si tous les plans obliques sont théoriquement possibles, pour des raisons pratiques (la glissade du sujet), l'augmentation de l'obliquité sera compensée par un lestage à l'extrémité du membre mobilisé.

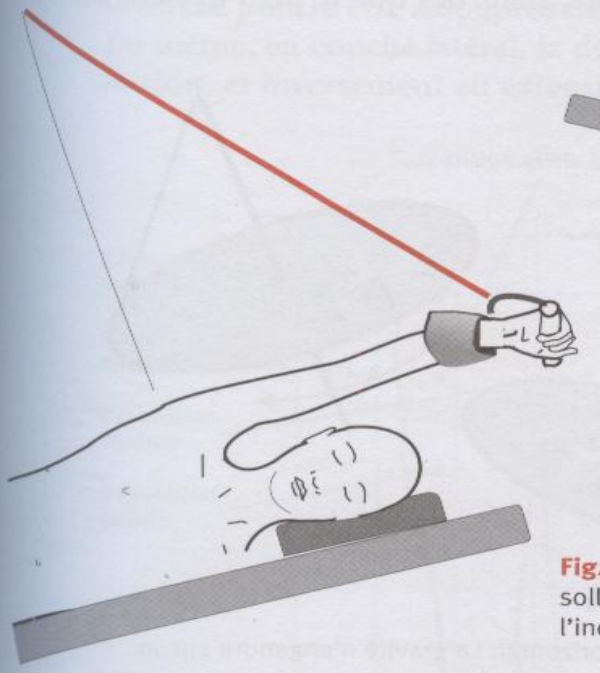


Fig. 3.40 – Lester le poids augmente la sollicitation. Lester revient à accentuer l'inclinaison du plan oblique.

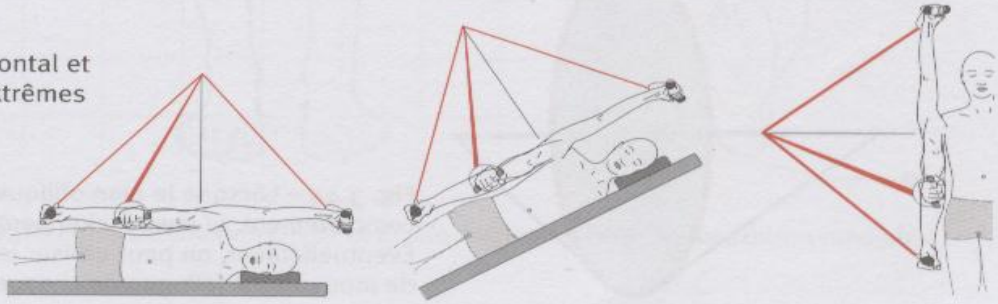


Fig. 3.41 – Le plan horizontal et vertical sont les deux extrêmes des plans obliques.

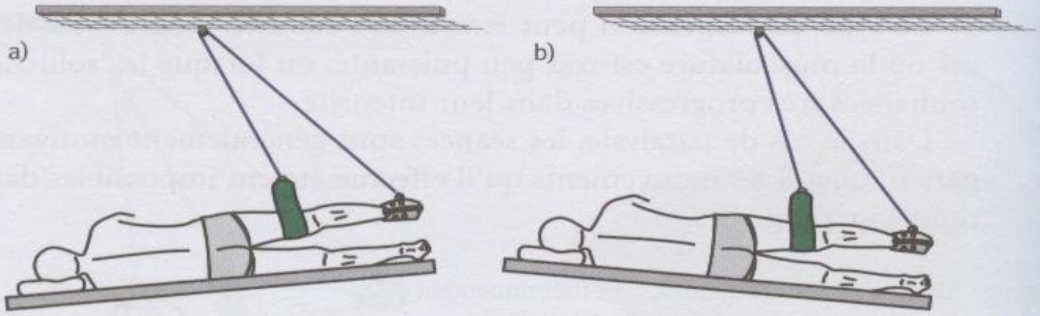


Fig. 3.42 – a) Avec cette suspension, le mouvement en flexion extension se réalise passivement par le poids du membre à partir de la position neutre. – b) Le patient doit réaliser un effort pour quitter la position neutre.

Les schémas nous aident à comprendre l'action de la gravité selon l'obliquité choisie. La charge tend à se déplacer vers le point le plus bas. Dans la suspension à l'aplomb, la charge reste en équilibre, mais dès que le plan devient oblique, la gravité entre en action.

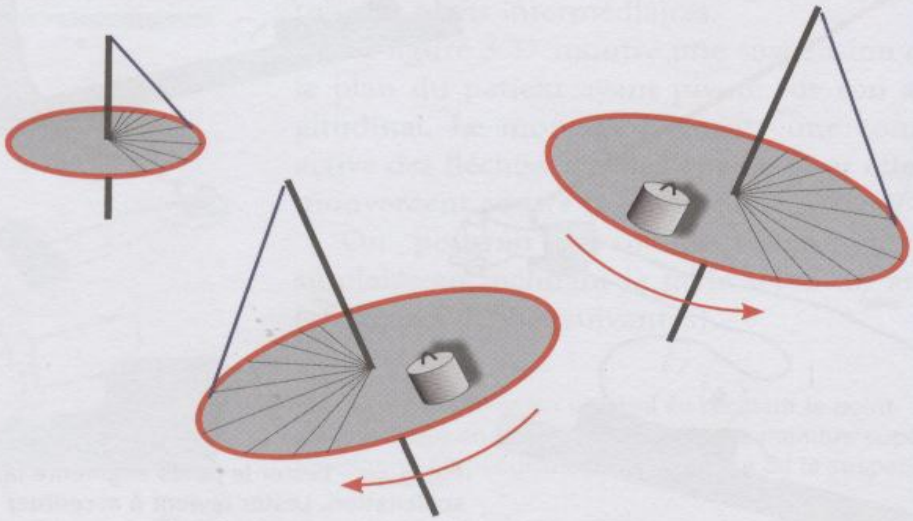


Fig. 3.43 – a) Suspension axiale sur le plan horizontal. La gravité n'engendre aucun mouvement. – b) et c) Suspension axiale sur un plan oblique : la gravité entre en action.

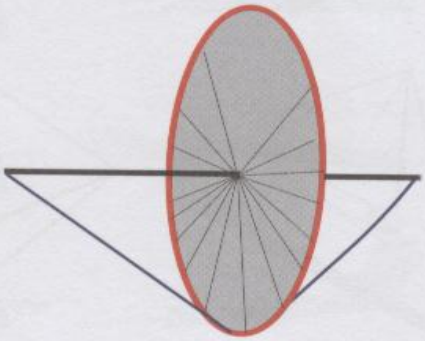


Fig. 3.44 – Lorsque le plan oblique se verticalise complètement, la suspension perd sa fonction. Éventuellement, on peut utiliser le montage comme guide de mouvement (élingue de chaque côté).

EFFETS DES DIFFÉRENTES DÉSAXATIONS POSSIBLES DE LA SUSPENSION

Il n'est cependant pas nécessaire de placer le sujet lui-même dans un plan oblique pour obtenir un mouvement contre résistance offerte par la gravité. En effet, en déplaçant la suspension par rapport à l'aplomb de l'articulation, le décentrage de cette suspension implique la création d'un plan oblique (quelle que soit la position du patient). On parle alors de suspension désaxée (*cf.* figure 3.45a).

Selon l'obliquité du plan créé par la désaxation, le membre sera attiré vers le point le plus bas du plan. Ainsi, en couché dorsal, si la désaxation se fait latéralement (vers l'extérieur du plan parasagittal d'une articulation, *cf.* figure 3.45b), la pesanteur attirera le membre en abduction. La suspension pourra donc servir utilement un travail d'assouplissement des adducteurs. La même suspension pourra être un point de départ pour le travail des adducteurs en élongation ou en raccourcissement. Inversement, si la désaxation se fait vers le plan médian, le travail pourra être assouplissant et musclant des abducteurs (*cf.* figure 3.45c). De même, en couché latéral, la désaxation antérieure entraînera le membre en flexion, et inversement en extension avec une désaxation postérieure.

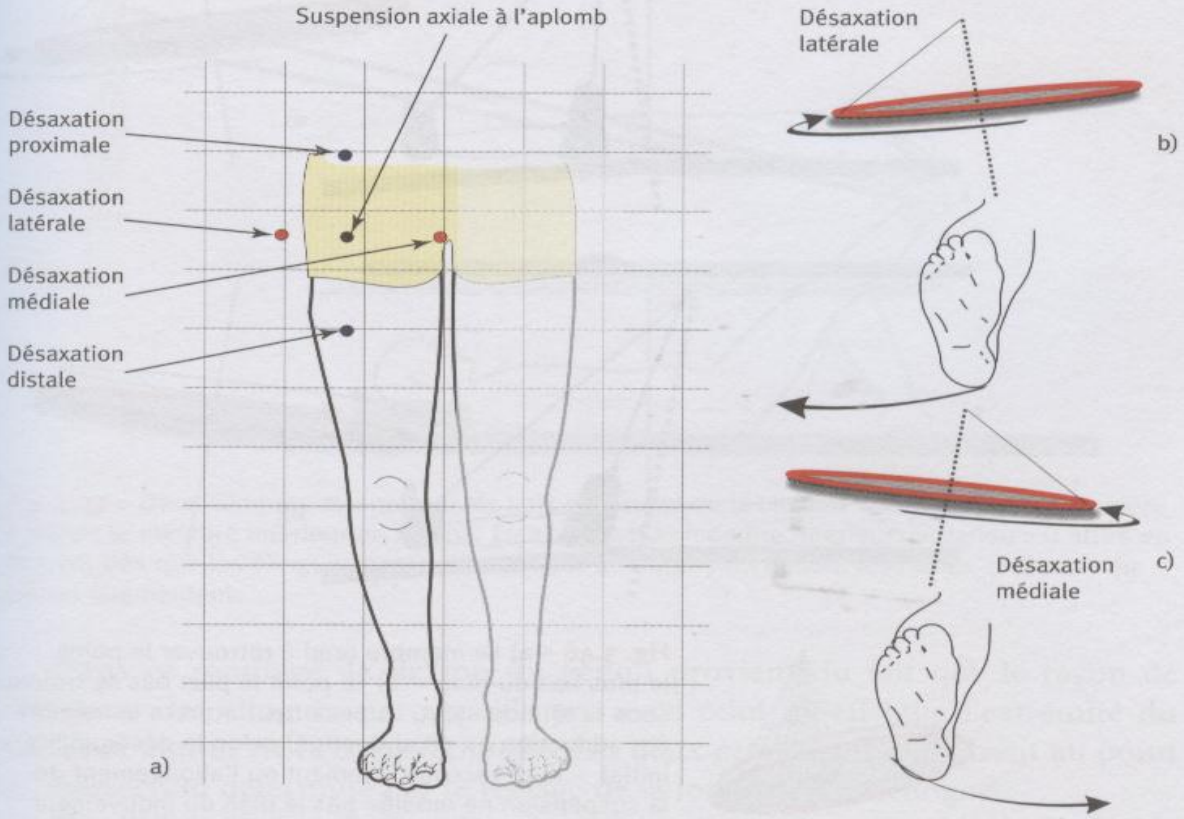
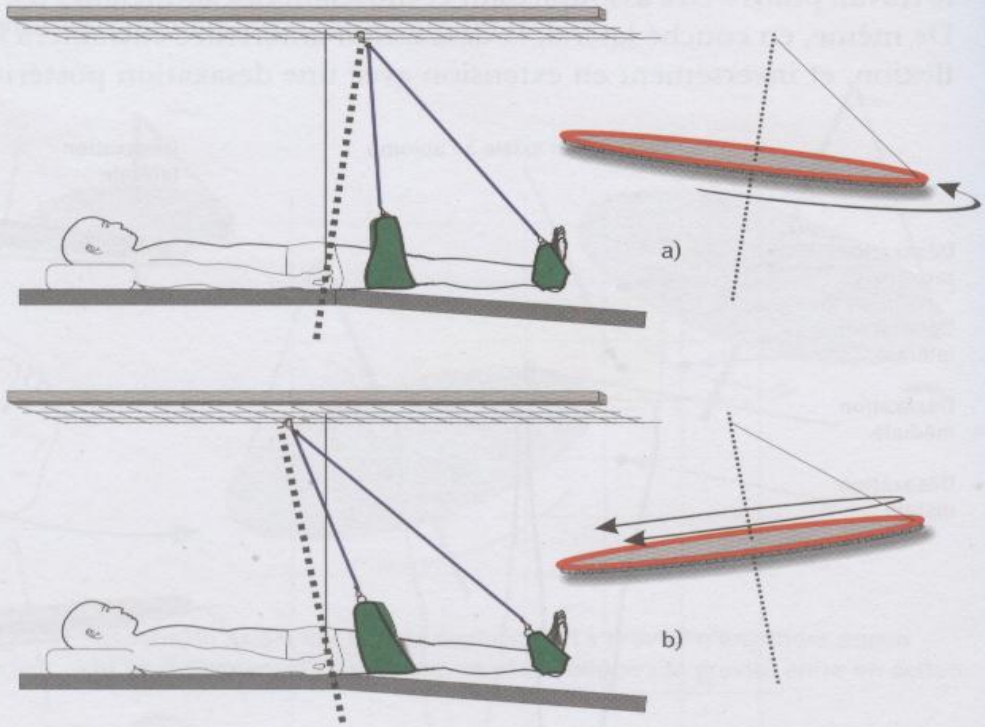


Fig. 3.45 – a) Différentes désaxations. – b) et c) Désaxation latérale et désaxation médiale.

Si la désaxation se fait en accrochant la suspension de manière distale, on détermine un plan oblique où la position neutre de repos est en position médiane du côté distal (*cf.* figure 3.46a). Un travail musculaire léger sera nécessaire pour obtenir une abduction ou une adduction (en couché dorsal), une flexion-extension en couché latéral. Si la désaxation est proximale (*cf.* figure 3.46b), le plan oblique s'inverse, et la position neutre se trouve du côté opposé. Dès que le membre quitte sa position médiane, celui-ci est attiré par la pesanteur en adduction ou en abduction (couché dorsal) ou en flexion-extension (couché latéral).

En combinant les deux formes de désaxation, on détermine un plan oblique. Le plus facile est de se représenter l'axe entre l'articulation et le point d'accrochage supérieur et de visualiser le plan du disque qu'il crée, avec la localisation de la position neutre et de la sollicitation du mouvement qui existe de part et d'autre de cette position.



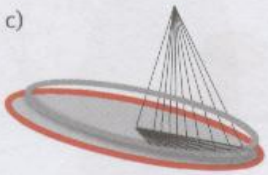


Fig. 3.46 – a) Le membre tend à retrouver le point le plus bas du plan. – b) Le point le plus bas se trouve sous la tête du sujet. La pesanteur attirera le membre (en adduction ou en abduction) selon le déséquilibre initial. – c) Le raccourcissement ou l'allongement de la suspension ne modifie pas le plan du mouvement.

LES SUSPENSIONS ATYPIQUES

Des suspensions très particulières peuvent être obtenues dans un plan vertical en utilisant une suspension totalement désaxée.

EXEMPLE 1 : SUSPENSION PERMETTANT LA MOBILISATION EN FLEXION-EXTENSION HANCHE ET GENOU

La figure 3.47 montre un exemple d'une telle suspension : en accrochant deux élingues de part et d'autre à l'arrière du patient, aboutissant sur chaque côté de la bottine fixée au pied, le patient effectue un mouvement de la cuisse et de la jambe en flexion vers l'abdomen. C'est un montage simple, mais très puissant, que l'on peut utiliser pour assouplir le genou en flexion. La longueur des élingues doit être calculée de façon à ce que le degré de flexion soit atteint en fin de mouvement. L'accrochage postérieur en V horizontal est nécessaire afin de permettre au genou de se déplacer entre les élingues. Par ailleurs, le mouvement est ainsi bien stabilisé dans un plan parasagittal.

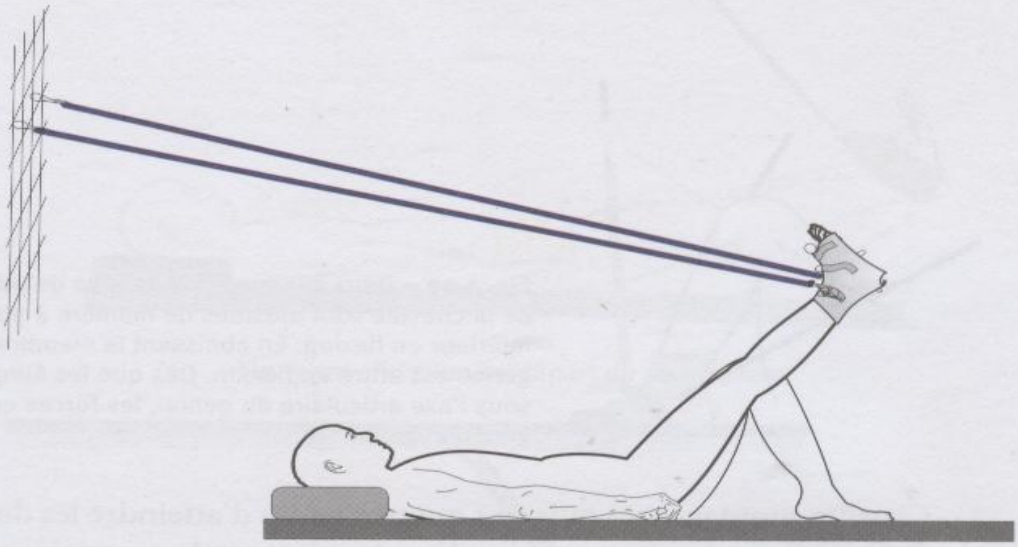


Fig. 3.47 – Deux élingues divergentes de part et d'autre de la cheville sont ajustées de manière à porter le membre inférieur en flexion. En abaissant le membre inférieur, le genou est attiré en flexion. Dès que les élingues passent sous l'axe articulaire du genou, les forces en flexion du genou augmentent.

Dans ce montage, la flexion du genou provient du fait que le rayon de courbure des élingues ne coïncide pas avec celui qu'effectue l'extrémité du membre autour de la coxo-fémorale. Les deux cercles se rencontrent au point d'intersection déterminé par le réglage de la longueur de l'élingue.

Dès l'abaissement du membre, la cuisse et le genou sont obligés de fléchir afin de raccourcir constamment le rayon autour duquel s'effectue le mouvement autour de la hanche, de manière à s'inscrire dans l'arc dessiné par l'élingue.

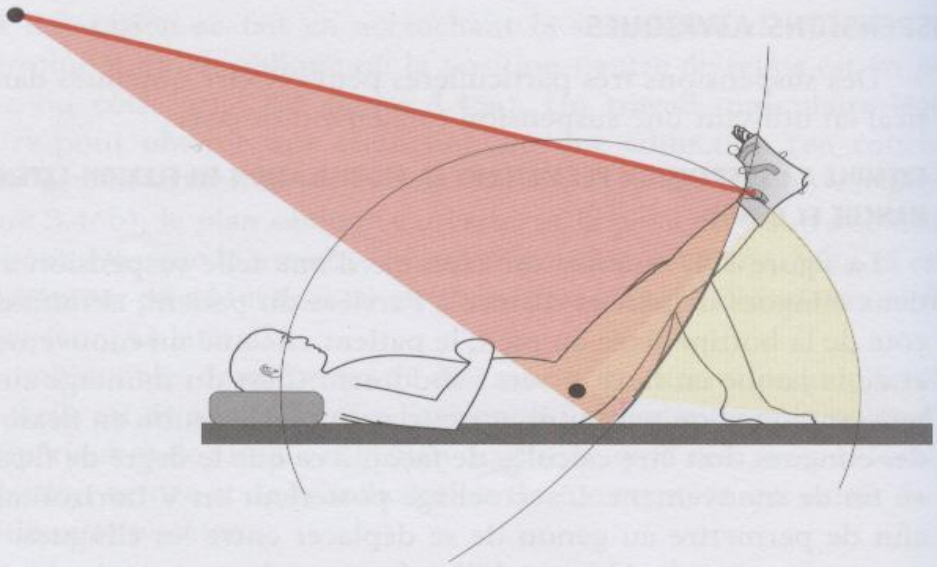


Fig. 3.48 – Sollicitation en flexion du genou.

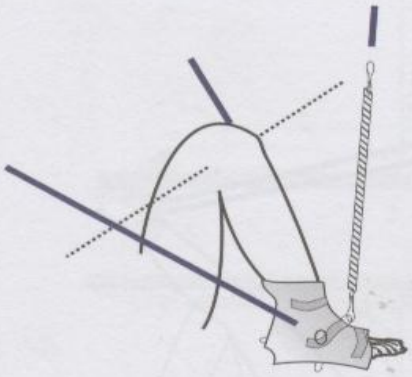


Fig. 3.49 – Deux élingues divergentes de part et d'autre de la cheville sont ajustées de manière à porter le membre inférieur en flexion. En abaissant le membre inférieur, le genou est attiré en flexion. Dès que les élingues passent sous l'axe articulaire du genou, les forces en flexion du genou augmentent.

C'est un montage très puissant qui permettra d'atteindre les derniers degrés de flexion. Il faudra éviter de l'utiliser trop tôt, et être certain que le patient peut supporter la sollicitation avec les réglages choisis.

Il est aussi à noter que ce montage permet également un bon assouplissement en flexion de la cuisse.

Il faut être particulièrement attentif au moment où les élingues passent sous l'axe articulaire du genou car, à la flexion passive due au poids du membre, s'ajoute aussitôt une sollicitation en flexion plus puissante.

Si l'on craint une sollicitation trop importante vers la flexion, on pourra la limiter au début en réalisant une suspension avec un ressort léger au niveau du pied (*cf.* figure 3.49). Au contraire, si on veut intensifier la force tractante en flexion, on pourra lester par un bracelet autour du pied ou de la cheville.

Le même type de suspension avec une sangle prenant les deux chevilles (séparées par une mousse protectrice) permet un mouvement global de flexion-extension hanches et genoux. La simultanéité du mouvement provoquera également l'antéflexion-rétroversion du bassin (*cf.* figures 3.50 et 3.51).

La mobilisation sera très appréciable en cas d'alitement, ce montage simple sera facilement applicable en chambre d'hôpital à l'aide de la potence de lit.

Par ailleurs, l'installation sera également très utile pour aider le praticien dans le cas où une mobilisation serait trop lourde au vu des gabarits respectifs.

EXEMPLE 2 : SUSPENSION PERMETTANT LA MOBILISATION DES MEMBRES INFÉRIEURS EN FLEXION-EXTENSION

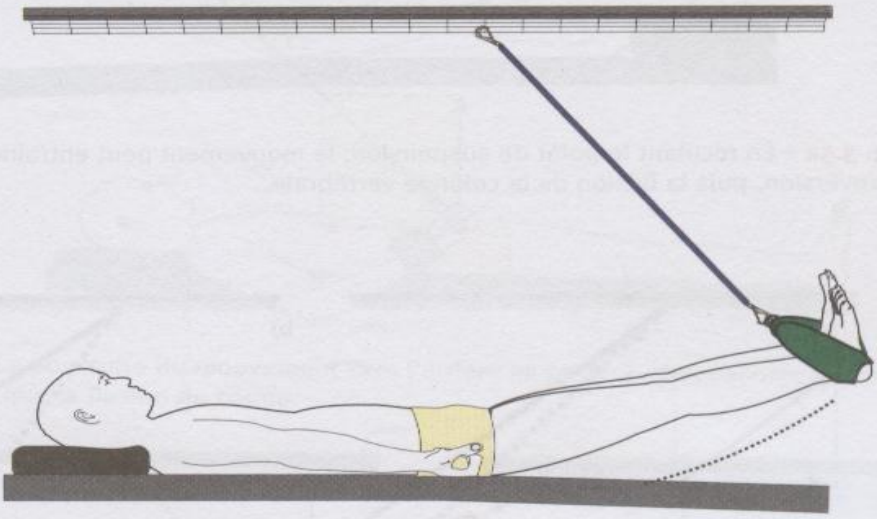


Fig. 3.50 – Position de départ du mouvement.

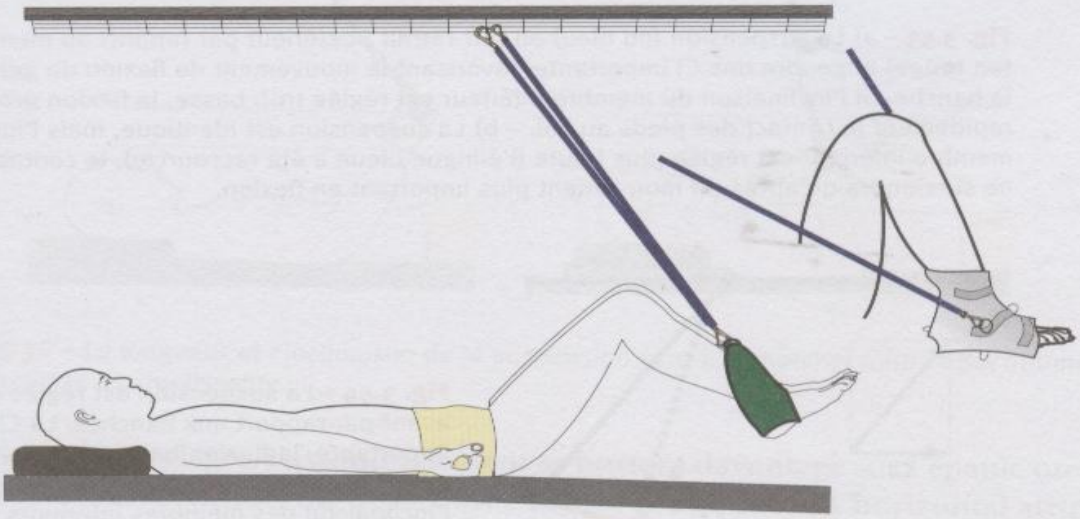


Fig. 3.51 – Choix d'une suspension en V s'il faut stabiliser latéralement le mouvement. Une bottine est davantage pratique pour l'accrochage des élingues.

EXEMPLE 3 : SUSPENSION PERMETTANT DE SURCROÎT LA MOBILISATION DE LA COLONNE LOMBAIRE

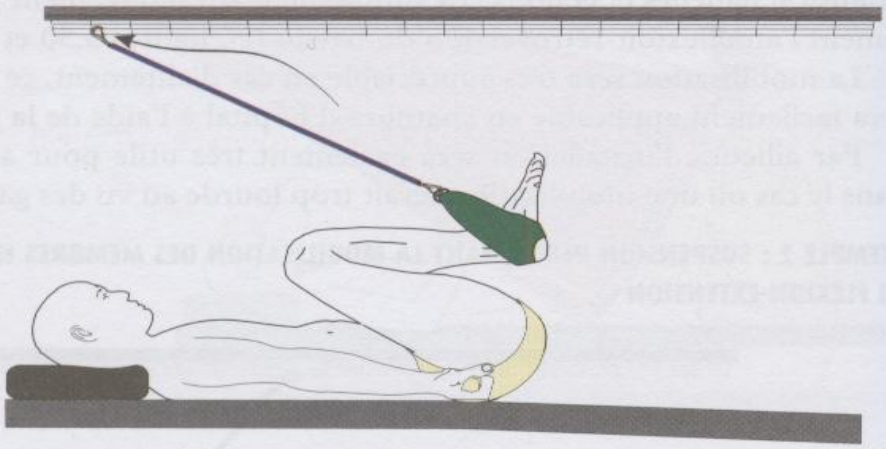


Fig. 3.52 – En reculant le point de suspension, le mouvement peut entraîner le bassin en rétroversion, puis la flexion de la colonne vertébrale.

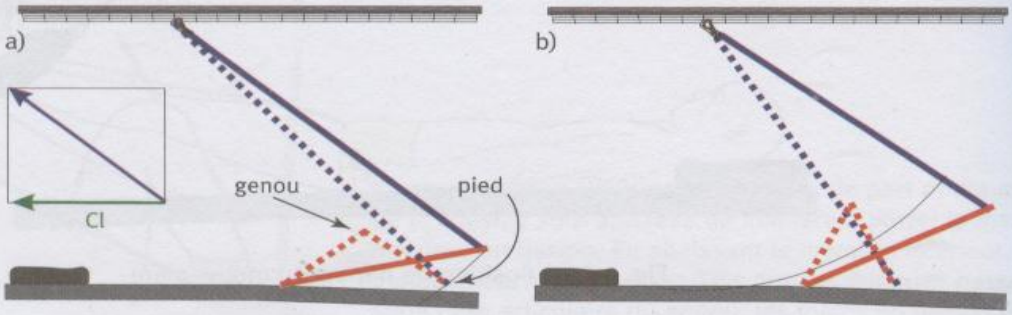


Fig. 3.53 – a) La suspension (en bleu) en fort retrait postérieur par rapport au membre inférieur (en rouge) engendre une CI importante, favorisant le mouvement de flexion du genou et de la hanche. Si l'inclinaison du membre inférieur est réglée trop basse, la flexion provoquera rapidement le contact des pieds au sol. – b) La suspension est identique, mais l'inclinaison du membre inférieur est réglée plus haute (l'élingue bleue a été raccourcie), le contact des pieds ne surviendra qu'après un mouvement plus important en flexion.

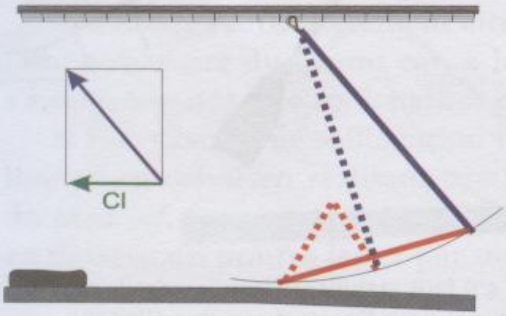


Fig. 3.54 – La suspension est réglée plus en avant par rapport aux hanches. La CI est moins importante, la flexion hanches et genoux est moins favorisée que précédemment, mais l'inclinaison des membres inférieurs peut être réglée plus basse sans provoquer le contact des pieds sur le support lors du mouvement.

Cette force coaptante présente dans ce type de suspension peut aussi être utilisée en vue d'une mobilisation au niveau du membre supérieur. Celui-ci, éventuellement lesté, devra, pour se conformer à l'arc de courbure induit par les paramètres de la suspension, se raccourcir en fléchissant le coude et porter l'épaule en rétropulsion.

EXEMPLE 4 : SUSPENSION PERMETTANT LA MOBILISATION EN FLEXION-EXTENSION COUDE ET ÉPAULE

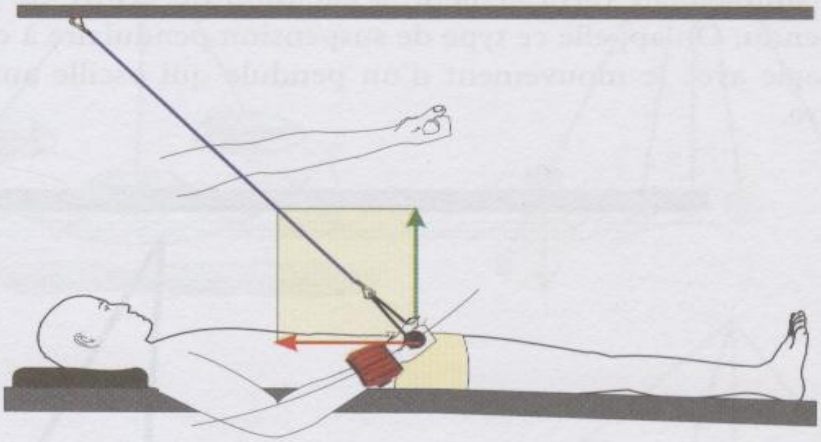


Fig. 3.55 – La poursuite du mouvement vers l'arrière se portera ici davantage sur la rétropulsion de l'épaule que la flexion du coude.

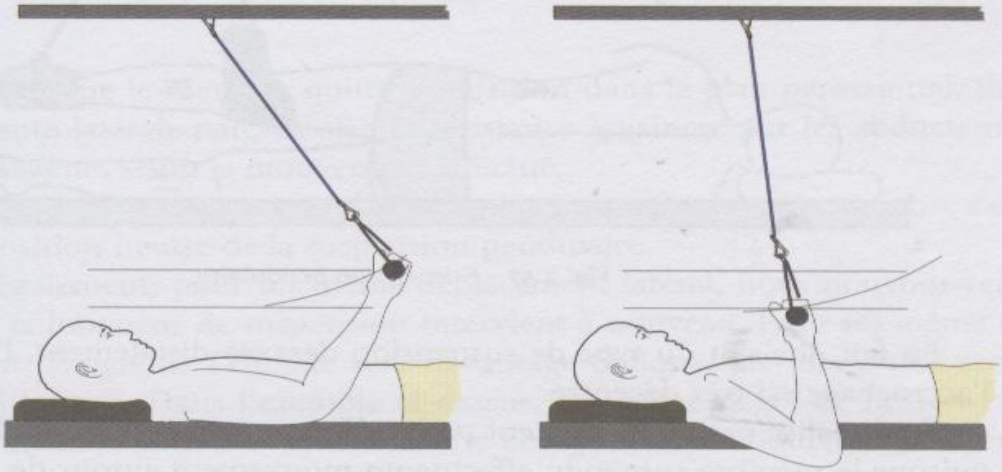


Fig. 3.56 – La longueur et l'inclinaison de la suspension sont à rechercher pour l'effet optimal de la phase assouplissante.

Selon les réglages, l'assouplissement se portera davantage sur l'épaule ou sur le coude. Par exemple, un départ avec le bras pratiquement horizontal attirera l'épaule en forte rétropulsion, tandis qu'une suspension au plafonnier plus en avant induira une flexion du coude plus importante. La distance du patient par

rapport au plafonnier, la longueur respective de son bras et de son avant-bras, la mise éventuelle en position déclive de la table, sont autant de facteurs qui entrent en jeu.

LA SUSPENSION PENDULAIRE

Il s'agit d'une suspension désaxée particulière. Les points de suspension sont ici placés, non à l'aplomb de l'articulation que l'on veut mobiliser, mais tout simplement verticalement, à l'aplomb du centre de gravité du membre suspendu. On appelle ce type de suspension pendulaire à cause d'une certaine analogie avec le mouvement d'un pendule qui oscille autour de sa position neutre.

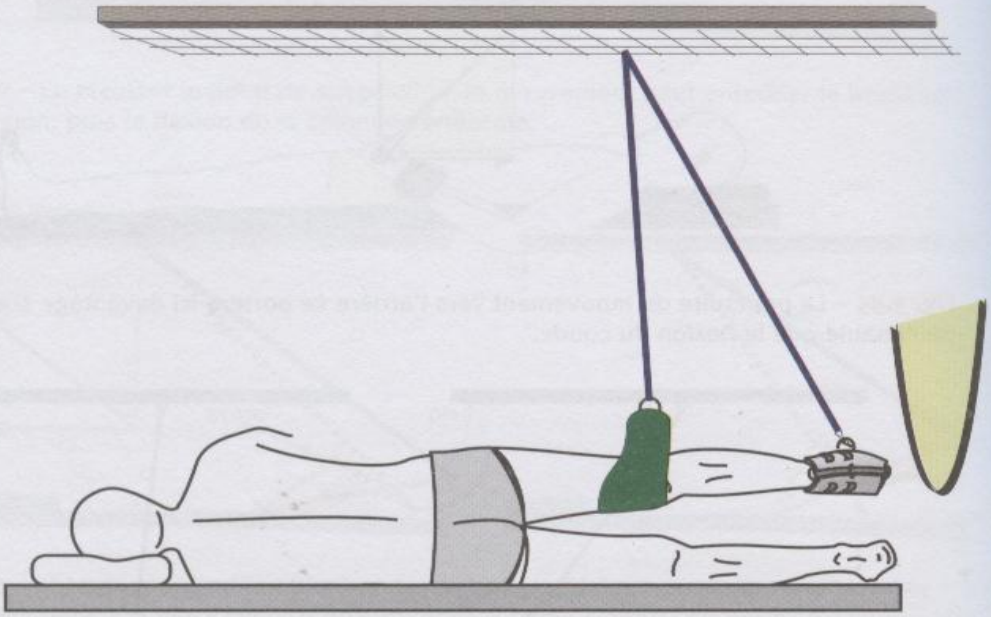


Fig. 3.57 – Suspension pendulaire.

En fait, il s'agit du type de suspension désaxée distalement, l'axe créé par l'accrochage est très décentré.

Il ne réalise pas à proprement parler d'un mouvement pendulaire vertical, puisque le membre suspendu effectue un mouvement autour de son articulation, ce qui implique un arc de cercle empêchant le mouvement de balancement de s'effectuer dans un plan pur (sauf si le patient est lui-même dans un plan vertical). Les indications de cette suspension sont les mêmes que pour les désaxées distales. L'effort musculaire est d'autant plus important que l'on désaxe distalement la suspension.

Analysons de manière simplifiée la situation.

En position neutre (élingue verticale), aucun effort n'est nécessaire pour maintenir la position. En revanche, si le mouvement s'effectue jusqu'à rendre l'élingue horizontale, à ce moment, l'élingue ne suspend plus rien, la musculature doit prendre le poids du membre totalement en charge.

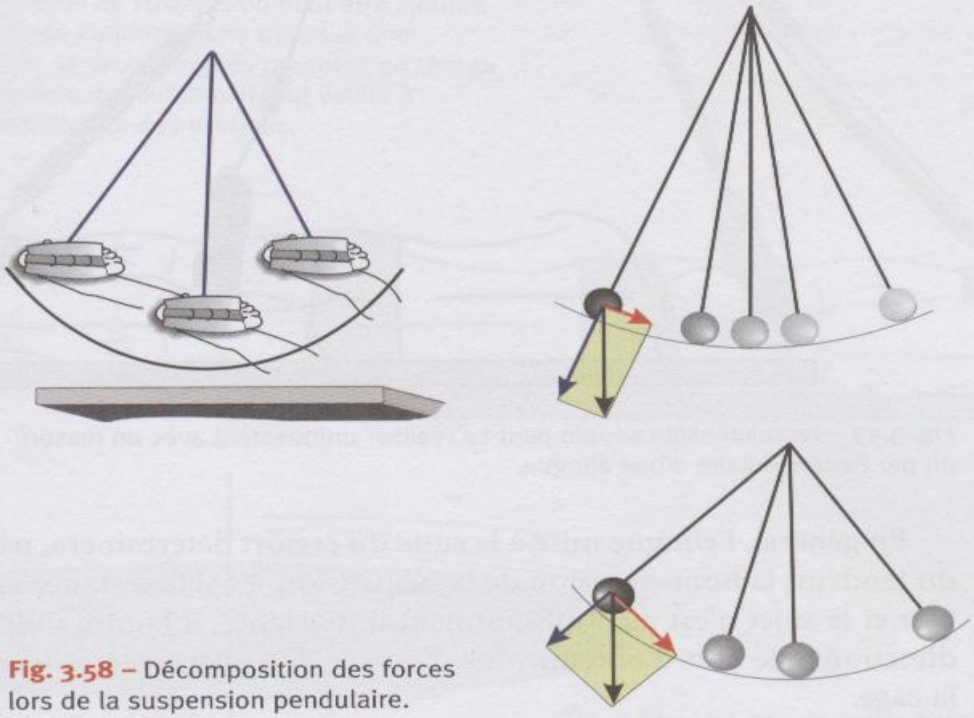


Fig. 3.58 – Décomposition des forces lors de la suspension pendulaire.

Dès que le membre quitte sa position dans le plan parasagittal, une composante latérale naît, ce sera la résistance à vaincre par les abducteurs ou les adducteurs selon le mouvement effectué.

Cette composante sera d'autant plus importante que le membre s'écarte de la position neutre de la suspension pendulaire.

Également, pour un même déplacement latéral, nous pouvons remarquer que la longueur de suspension intervient à nouveau. Pour un même déplacement, l'angle de l'élingue sera davantage oblique que lors d'une suspension plus longue. Dans l'exemple ci-dessus, un même degré de flexion-extension du membre inférieur amènera une composante d'abduction plus ou moins importante selon la longueur de la suspension.

Le lestage, en augmentant tous les vecteurs, rend l'exercice plus puissant.

LA SUSPENSION SOUPLE

Il s'agit d'une suspension dont la longueur est variable grâce à l'interposition d'un ressort. Pour ce faire, on placera un ressort comme intermédiaire entre le point de fixation supérieur et inférieur.

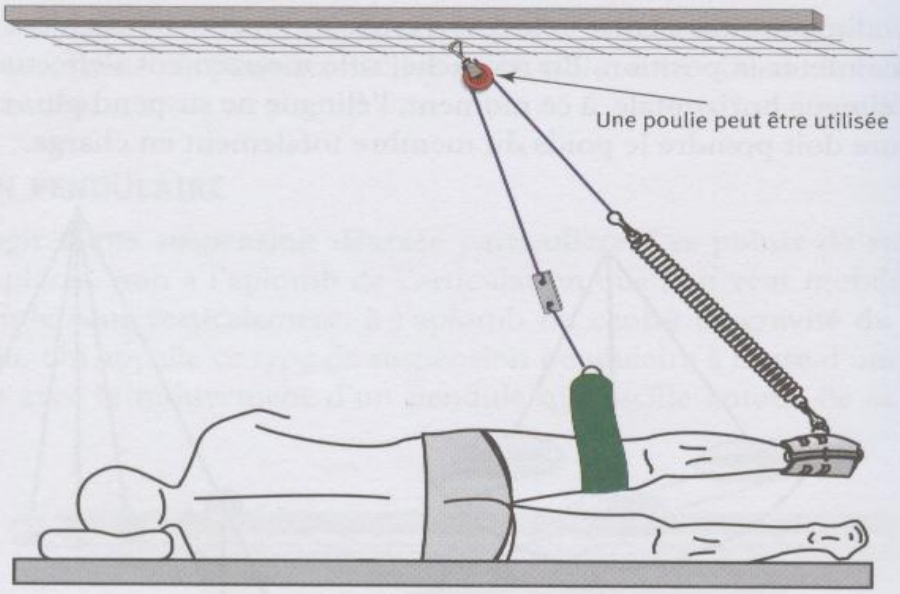


Fig. 3.59 – La suspension souple peut se réaliser uniquement avec un ressort ou par l'intermédiaire d'une élingue.

En général, l'élingue mise à la suite du ressort déterminera, par l'ajustement du tendeur, la bonne tension de la suspension. Et si la distance entre le plafonnier et le sujet n'est pas suffisamment importante, il faudra utiliser une poulie directionnelle afin d'obtenir plus d'espace de réglage vers une autre partie de la cage.

L'avantage de cette suspension est de permettre des mouvements beaucoup plus variés qu'avec une simple élingue, et cela au prix de contractions minimales. Si la tension et le type de ressort sont bien calculés, on peut faire en sorte que le mouvement s'effectue dans des conditions de quasi-apesanteur.

Comme pour la suspension fixe, la suspension souple peut être unique, ou être dirigée vers plusieurs points de soutien du membre.

C'est ainsi que connaître les rapports longueur-tension de ses différents modèles de ressorts trouve son importance. La poulie d'équilibrage peut également être très utile.

Le choix du calibre du ressort est important. En effet, si l'on peut obtenir un montage en suspension neutre avec un ressort puissant ou un ressort plus faible, dans les deux cas, la tension doit être égale à la composante verticale issue du poids du membre.

Le choix sera cependant fonction du but souhaité. Si l'on recherche l'effet « apesanteur » maximum, il faudra préférer des ressorts faibles, tandis que si l'on s'oriente vers une séance de tonification musculaire, par exemple en faisant réaliser des mouvements dans des plans parallèles, on placera des ressorts plus puissants.

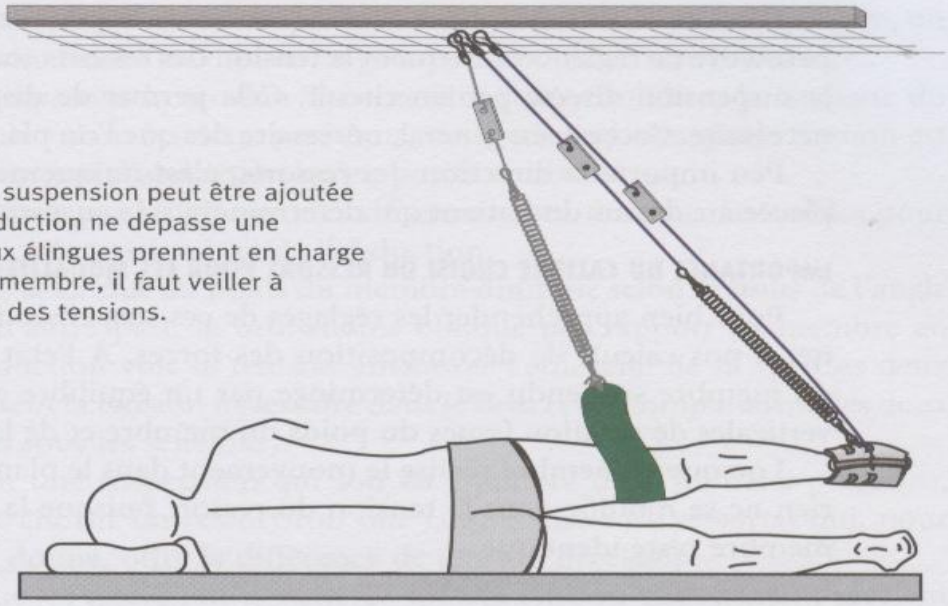


Fig. 3.60 – Une élingue de suspension peut être ajoutée si l'on veut éviter que l'adduction ne dépasse une certaine angulation. Si deux élingues prennent en charge séparément une partie du membre, il faut veiller à obtenir un bon équilibrage des tensions.

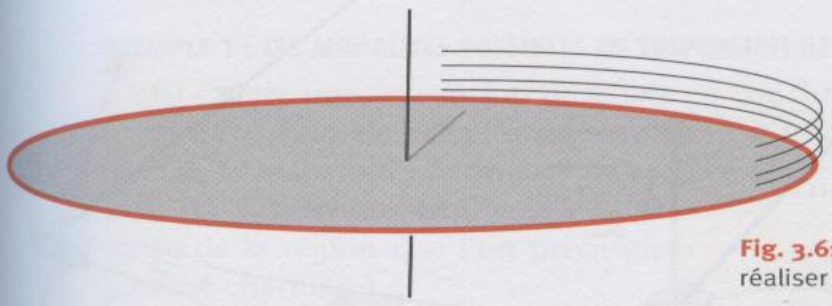


Fig. 3.61 – Les arcs de cercle peuvent se réaliser dans différents plans parallèles.

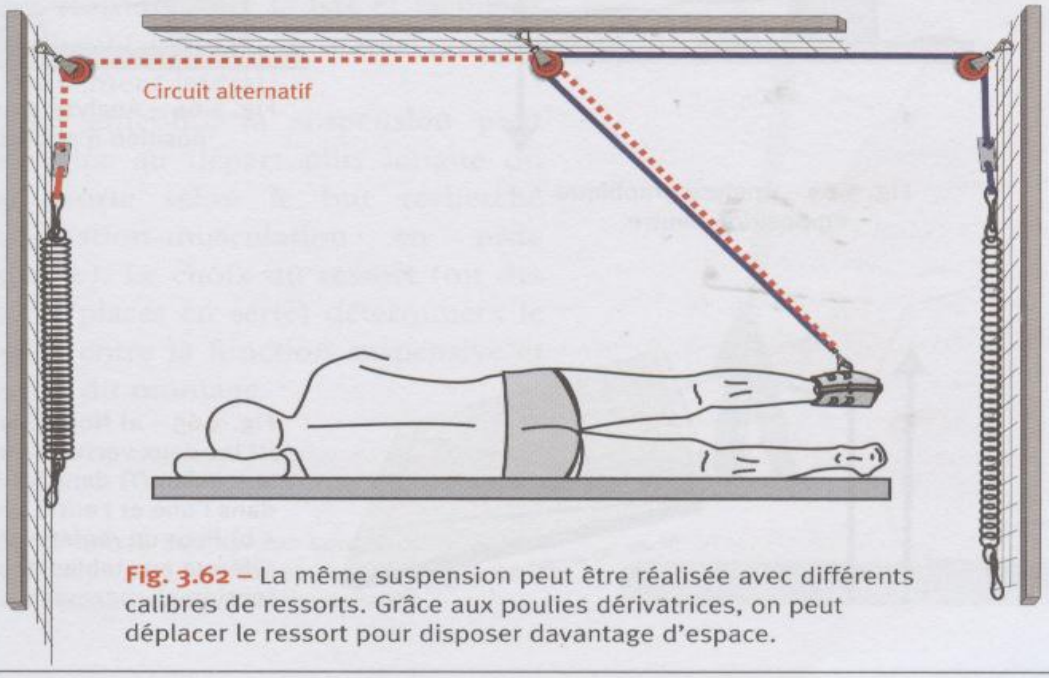


Fig. 3.62 – La même suspension peut être réalisée avec différents calibres de ressorts. Grâce aux poulies dérivatrices, on peut déplacer le ressort pour disposer davantage d'espace.

Lorsque la distance vient à manquer entre le plafonnier et le patient pour permettre de régler correctement la tension des ressorts souhaités, on remplacera la suspension directe par un circuit. Cela permet de disposer de tout l'espace nécessaire. Ceci est, en général, nécessaire dès que l'on place des ressorts en série.

Peu importe la direction des ressorts, c'est uniquement la première poulie placée au-dessus du patient qui déterminera si la suspension est axiale ou non.

IMPORTANCE DU CALIBRE CHOISI DU RESSORT POUR LES MODALITÉS DE L'EXERCICE

Pour bien appréhender les réglages de ces suspensions, il nous faut retourner à nos calculs de décomposition des forces. À l'état de repos, la position du membre suspendu est déterminée par un équilibre entre les composantes verticales de rotation issues du poids du membre et de la tension du ressort.

Lorsque le membre réalise le mouvement dans le plan sagittal de la hanche, rien ne se modifie dans la tension du ressort puisque la Cr issue du poids du membre reste identique.

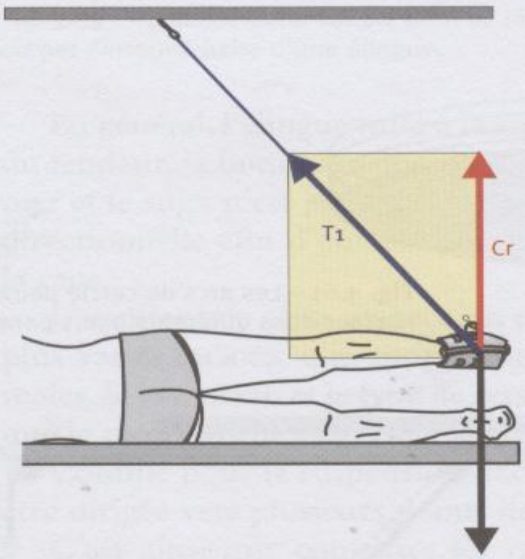


Fig. 3.63 – Analyse graphique en position neutre.

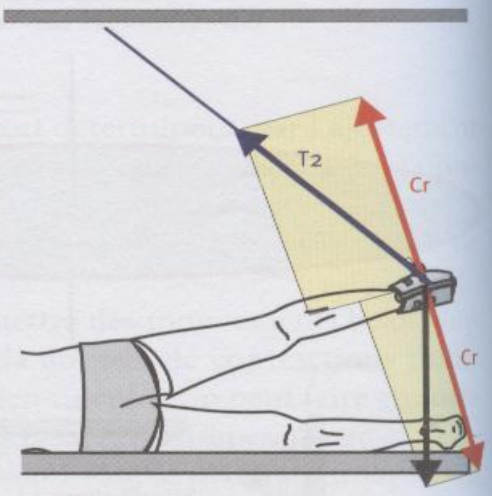


Fig. 3.64 – Analyse graphique en position d'abduction.

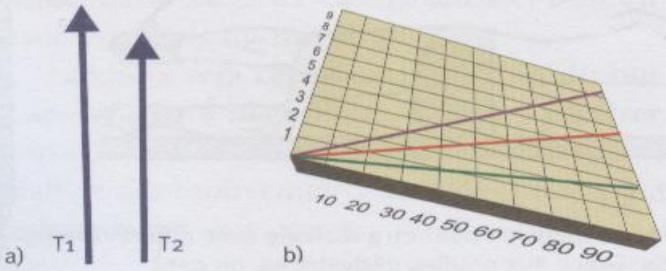


Fig. 3.65 – a) Nous avons transposé ici les deux vecteurs représentant la tension (T) dans les élingues dans l'une et l'autre position.
– b) Pour un réglage précis, on se référera aux tables de rapports tension-allongement.

En revanche, dès que le membre quitte sa position verticale d'équilibre, un effort musculaire dans l'un ou l'autre groupe musculaire sera nécessaire.

Si nous comparons la tension T nécessaire pour équilibrer la Cr issue du poids du membre dans les deux positions, nous remarquons que la tension est moindre en position d'abduction qu'en position neutre.

Ceci s'explique par le fait que deux facteurs sont devenus favorables pour l'évolution de cette tension lors de l'abduction.

D'une part, la Cr due au poids du membre diminue selon le sinus de l'angle du membre, d'autre part, le brin moins oblique par rapport au membre en position d'abduction voit sa tension améliorer l'efficacité de sa Cr. Ces deux facteurs réduisent la tension nécessaire dans le brin (voir comparaison des deux vecteurs repris sous les schémas).

Si l'on veut une suspension qui soit en équilibre dans les deux positions, il faudra donc choisir un ressort (ou une combinaison de ressorts) qui, pour l'allongement donné, offre la différence de tension nécessaire.

C'est ici que les tables fournissant les valeurs tension-allongement révèlent toute leur utilité.

EXEMPLE 1 : LES MODALITÉS POSSIBLES EN SUSPENSION DE LA TÊTE EN COUCHÉ LATÉRAL

Ci-contre une suspension de la tête en couché latéral.

Si la tension est calculée de manière à équilibrer la tête dans sa position neutre, la suspension permettra de réaliser des mouvements en flexion-extension (la suspension sera axée à la verticale de la région que l'on privilégiera comme charnière).

Si un mouvement latéral est demandé, il sera résistant vers le bas et facilitant vers le haut (mais musclant quel que soit le mouvement latéral).

Bien entendu, la suspension peut être réglée au départ plus longue ou plus courte selon le but recherché (mobilisation-musculation en piste complète). Le choix du ressort (ou des ressorts placés en série) déterminera le rapport entre la fonction suspensive et résistive du montage.

Fig. 3.66 – Couché latéral. Suspension souple de la tête. La flexion-extension peut se réaliser sans contraintes. La latéro-flexion demande un travail musculaire.

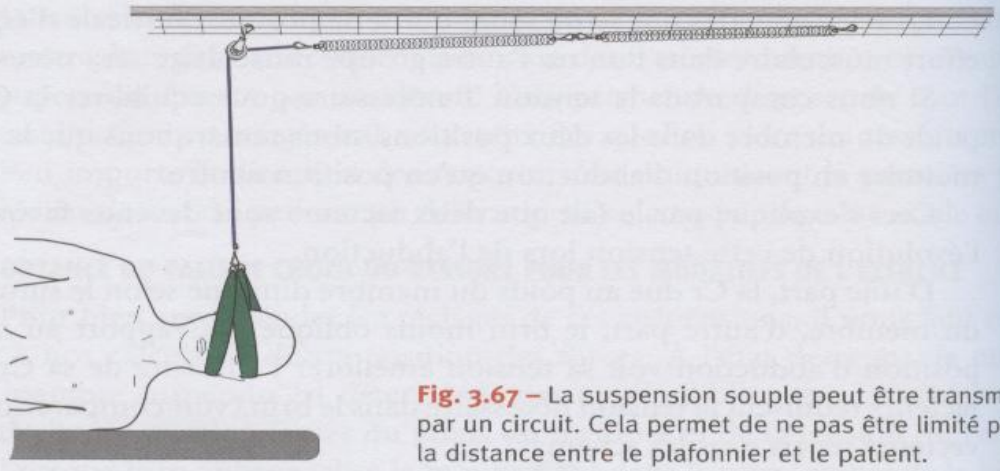


Fig. 3.67 – La suspension souple peut être transmise par un circuit. Cela permet de ne pas être limité par la distance entre le plafonnier et le patient.

EXEMPLE 2 : APPLICATION EN PSYCHOMOTRICITÉ

Il faut aussi citer les suspensions souples qui peuvent être utilisées en psychomotricité. On pourra notamment créer des oscillations verticales qui seront de nature à provoquer des réactions proprioceptives, par exemple au niveau cervical. Plusieurs montages peuvent être imaginés afin d'obtenir, sous forme ludique, une interaction entre l'enfant, l'environnement, et le praticien.

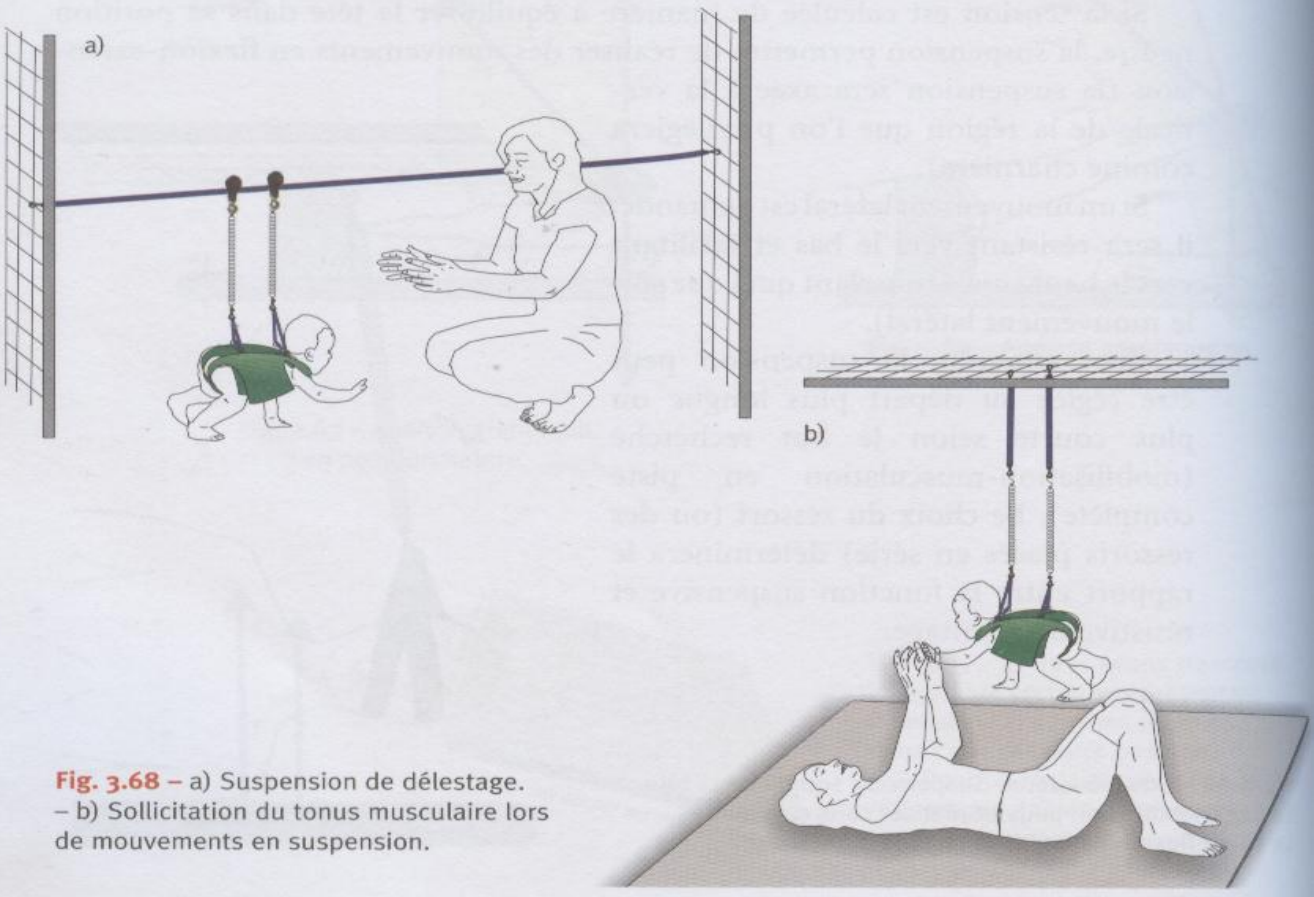


Fig. 3.68 – a) Suspension de délestage. – b) Sollicitation du tonus musculaire lors de mouvements en suspension.

EXEMPLE 3 : APPLICATION EN RELAXATION

La suspension souple peut aussi être fréquemment utilisée en relaxation, en objectivant parfaitement de manière visuelle l'état de relaxation que peut atteindre un groupe musculaire. Il informe aussi bien le praticien que le patient sur le degré de détente et de maîtrise du relâchement acquis.

Un ressort placera en tension un circuit de manière à créer un effet d'apesanteur du membre. Le tendeur, placé en début ou en fin de circuit, permettra le réglage nécessaire. L'exercice convient particulièrement pour les relaxations de type Jacobson, avec une prise de conscience éduquée de la tension musculaire et du relâchement, lors d'une succession de contractions légères suivies de repos. L'harmonie du balancement du membre informe de la qualité de la relaxation.

On peut éventuellement montrer au patient ce qui correspond à une bonne relaxation en montrant comment oscille librement un poids accroché à un ressort, celui-ci étant libéré de la retenue musculaire.

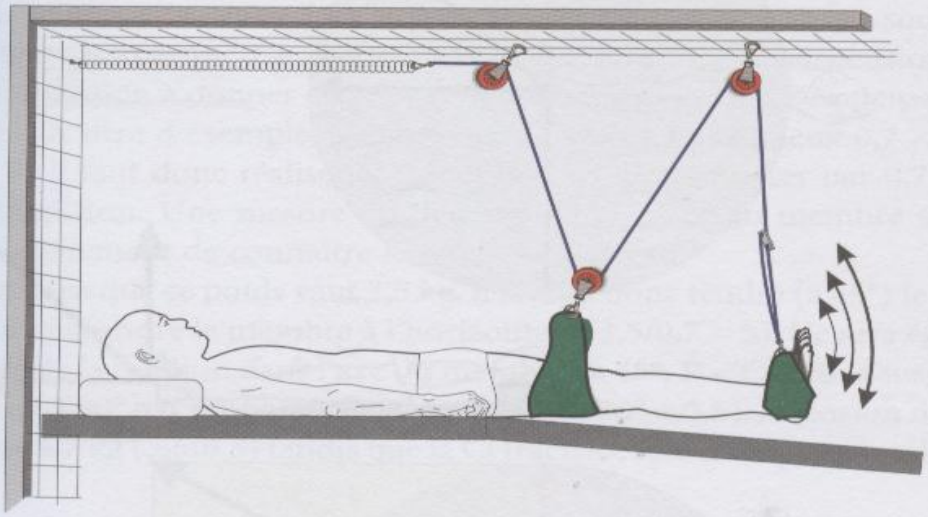


Fig. 3.69 – Suspension souple lors du contrôle de la relaxation musculaire.

On peut aussi accrocher les ressorts en prise directe (sans circuit) et trouver la bonne tension en descendant la table électrique.

Une observation rigoureuse du positionnement du membre informera le praticien sur les réactions du patient. Parfois, on remarquera une déviation du membre par rapport au plan parasagittal de la suspension, celle-ci trahira des tensions musculaires qu'il faudra traiter.

L'exercice est très efficace pour la région cervicale également.

LA SUSPENSION TRACTANTE

L'EFFET TRACTANT PAR LA MISE EN PLACE D'UNE SIMPLE SUSPENSION

Les points de suspension au niveau du plafonnier peuvent être également choisis de manière à engendrer une traction au niveau du membre suspendu. En effet, lorsque les élingues sont dirigées non plus vers la racine du membre mais en sens opposé, la composante horizontale issue de la tension de l'élingue n'est plus coaptante, mais tractante (*cf.* « Aspects théoriques »).

Cette composante tractante se propage de proche en proche, depuis le point de suspension vers la racine du membre, pour finalement se dissiper dans le corps. En chemin, les différentes articulations bénéficient de l'effet tractant.

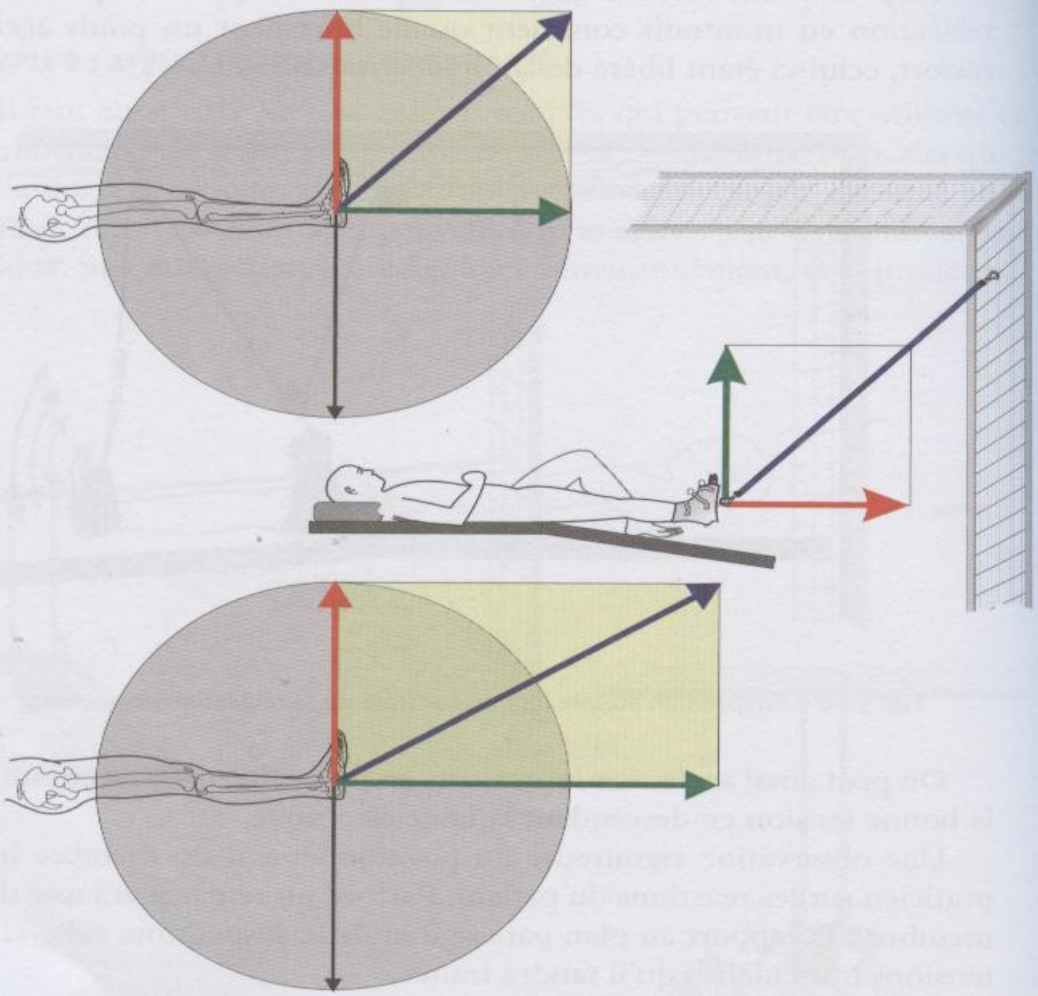
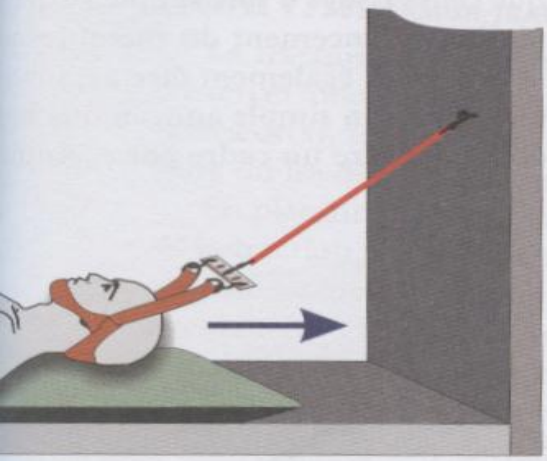


Fig. 3.70 – L'obliquité de l'élingue de suspension détermine l'intensité de la traction (composante CI).



Cette suspension a le mérite d'être simple, on peut l'utiliser pour des tractions qui ne demandent pas beaucoup de précision. Elle peut aussi facilement être réalisée à domicile. Il suffit d'un seul point d'accrochage. Si aucun mur n'est disponible, une bandelette de fixation autour d'un élément solide pourra offrir un point fixe pour un crochet.

Fig. 3.71 – Suspension-traction. L'angulation de l'élingue permet de modifier l'intensité de la traction. À 45°, elle vaut le poids suspendu.

L'EFFET MAJORÉ GRÂCE À L'UTILISATION D'UNE SUSPENSION SOUPLE

On peut être plus efficace en utilisant une suspension-traction souple (ressort). Étant donné que Cr doit compenser le poids de la suspension, il faut calculer la tension à donner au ressort de manière que sa Cr compense le poids suspendu. À titre d'exemple, à 45°, Cr et Cl valent toutes deux 0,7 × T. Pour trouver T, il faut donc réaliser le calcul inverse, donc diviser par 0,7 le poids de la suspension. Une mesure au dynamomètre placé au membre suspendu permet rapidement de connaître le poids à ce niveau.

Supposons que ce poids vaut 3,5 kg, il faudra donc tendre (à 45°) le ressort à 5 kg pour suspendre le membre à l'horizontale (3,5/0,7 = 5). Ce sera également l'intensité de la traction dans l'axe du membre (à 45°, P = Cr). Si la suspension-traction est à 30° par rapport à l'horizontale (sin 30° = 0,5), la tension du ressort sera réglée à 7 kg (3,5/0,5) tandis que la Cl tractrice sera d'un peu plus de 6 kilos.

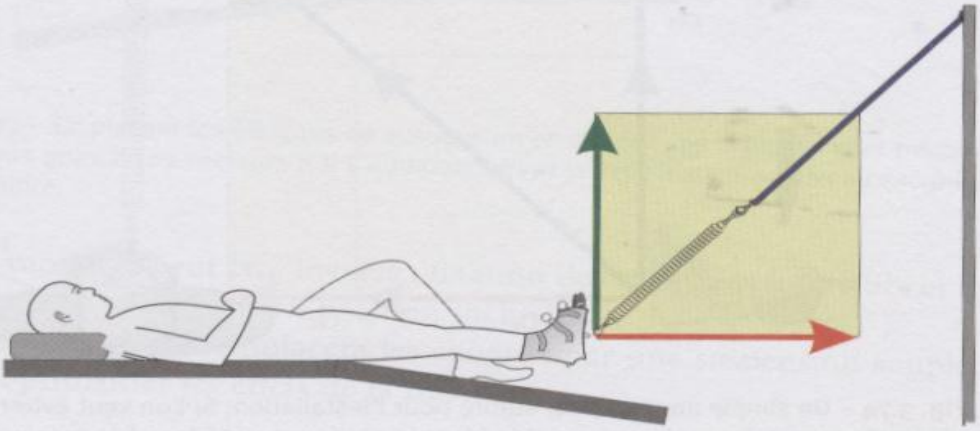


Fig. 3.72 – Une suspension inclinée prend en charge le poids du membre et opère une traction. À 45°, Cl vaut le poids suspendu.

Les forces engendrées sont les mêmes que celles issues d'une simple suspension par élingue, mais le patient bénéficie d'un balancement du membre qui optimisera l'effet de traction. Ce petit montage peut également être exporté à domicile en couché dorsal au sol ou sur une table. Un simple anneau que l'on pourra visser dans une fixation murale (caché derrière un cadre par exemple) fera l'affaire.

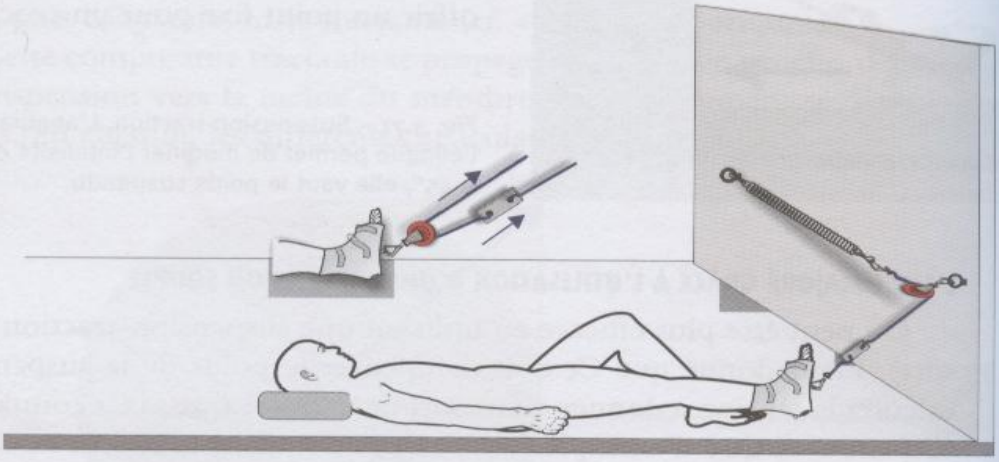


Fig. 3.73 – Le ressort peut être utilisé avec une élingue afin de permettre le réglage en longueur. Une poulie peut éventuellement être utilisée, soit pour dérouter le point de fixation vers tout autre endroit (vers le bas, le haut ou latéralement), soit comme poulie mobile afin de doubler la résistance du ressort.

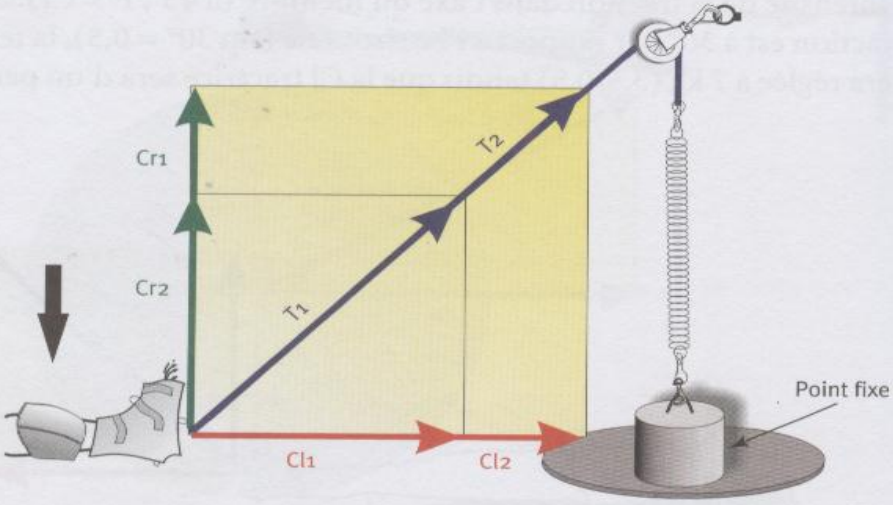


Fig. 3.74 – Un simple anneau peut suffire pour l'installation. Si l'on veut éviter un second point d'acrochage, on peut utiliser un poids (dont le poids est supérieur à la tension générée par le ressort), celui-ci sert alors de point fixe pour l'extrémité du circuit. Un lestage au niveau de la cheville demande un nouveau réglage de la tension du ressort, mais augmente tous les vecteurs, donc la traction (le ressort doit être adapté).

EXEMPLE 1 : SUSPENSION-TRACTION SACROLOMBAIRE LÉGÈRE

La traction se propageant de proche en proche, on peut également tenter d'exercer une traction du rachis par l'intermédiaire du (ou des) membre(s) inférieur(s), tout comme on peut le faire avec la tête pour atteindre les cervicales ou les dorsales hautes.

En plaçant le patient en position déclive, proportionnellement à l'intensité de la traction, on évitera la glissade du corps.

Une sangle placée sous le bassin sera ajustée de manière à soulever le bassin légèrement. On peut rechercher une asymétrie dans le but de décoapter les apophyses articulaires intervertébrales.

Toutes les élingues sont inclinées distalement vers le haut. Il faudra chercher la bonne obliquité, de manière à ce que la suspension provoque une partie de la traction. L'usage d'une sangle-corset spécialement dédiée au bassin sera nécessaire pour des intensités plus élevées.

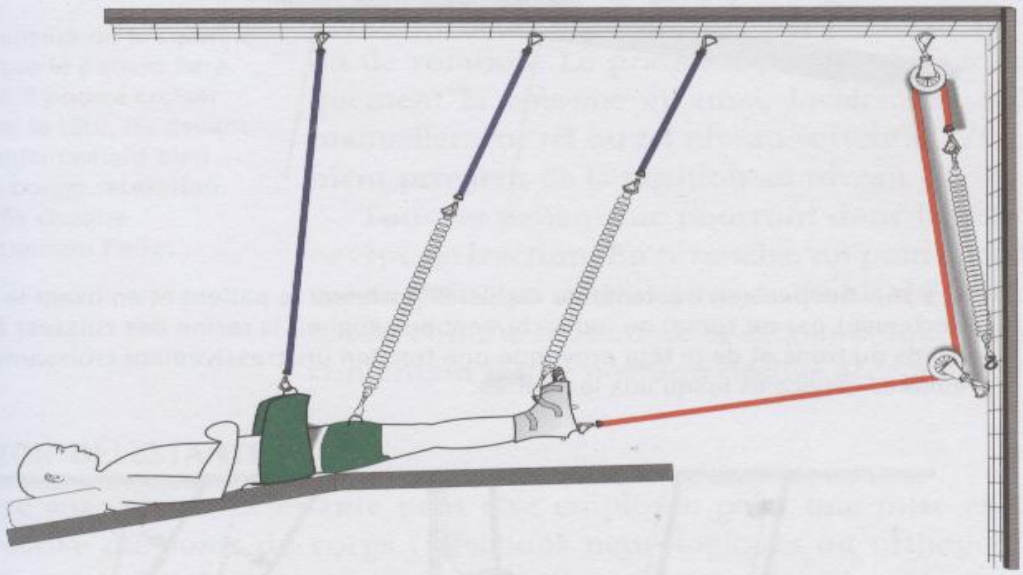


Fig. 3.75 – En plaçant les élingues de suspension en oblique, on répartit l'effet tractant en différents points. Les vecteurs (Cl) s'additionnent et se répercutent au niveau sacro-iliaque et lombaire.

Le montage peut être inversé : fixation des membres inférieurs et du bassin et suspension du tronc en position inclinée.

Idéalement, on remplacera les élingues par une suspension souple, dans le but d'optimaliser les effets de la traction.

EXEMPLE 2 : SUSPENSION-TRACTION DIRECTE SUR LE RACHIS

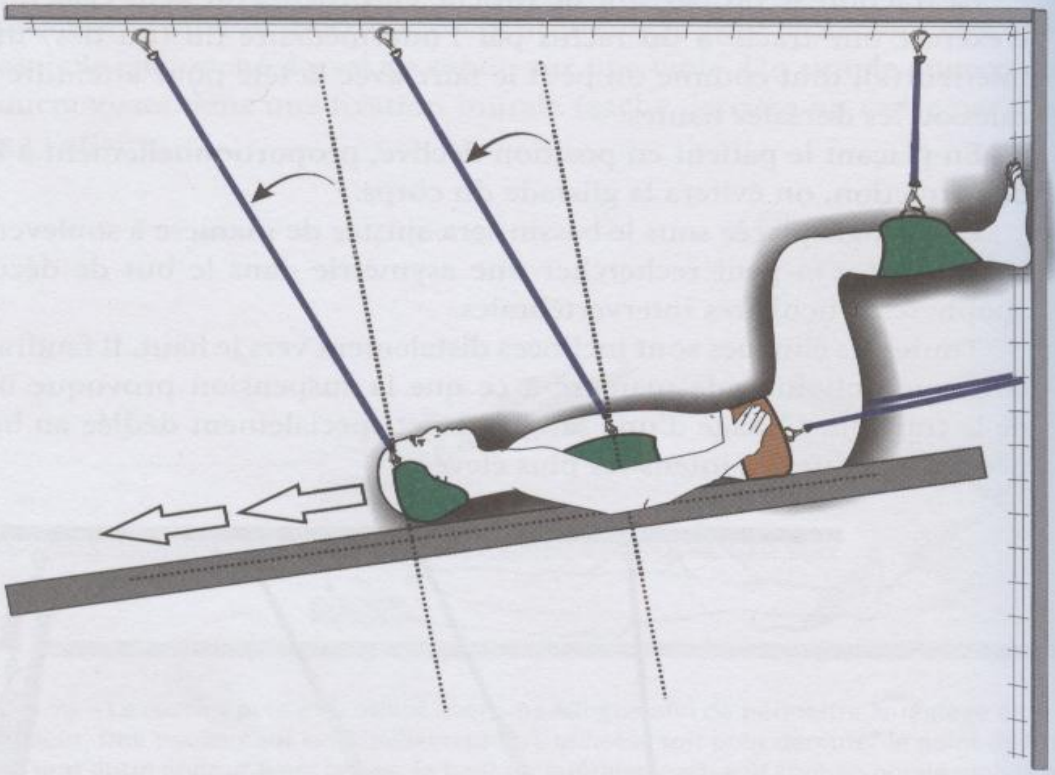


Fig. 3.76 – Suspension tractante du rachis. En inclinant le patient et en fixant le bassin (directement par un corset ou indirectement en sanglant la racine des cuisses) à une paroi, le poids du tronc et de la tête provoque une traction progressivement croissante depuis les premières cervicales jusqu'aux lombaires.

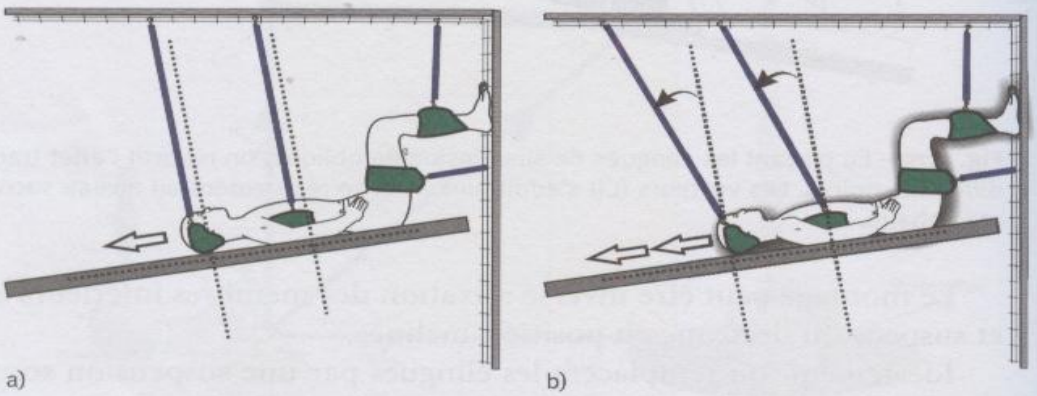


Fig. 3.77 – a) En plaçant la suspension perpendiculairement à l'inclinaison du tronc, l'effet traçant est dû uniquement à la CI issue du poids suspendu. – b) En déplaçant la suspension vers l'arrière par rapport à la perpendiculaire du tronc, l'effet traçant est majoré.

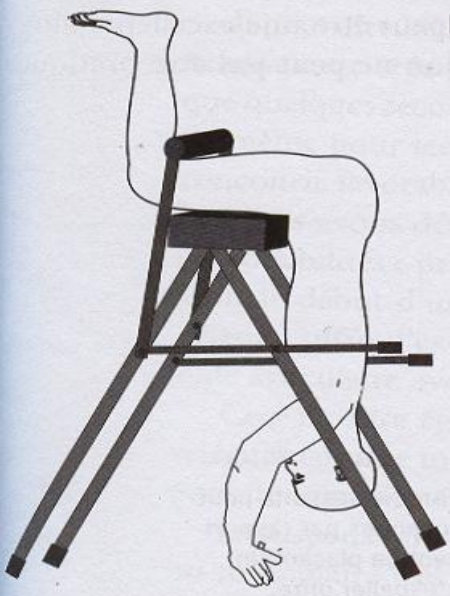


Fig. 3.78 – Suspension de la colonne vertébrale. Dès que le patient sera mis en confiance, il pourra croiser les mains derrière la tête, ou devant sa poitrine. Un balancement bien maîtrisé par une bonne relaxation des muscles après chaque contraction augmentera l'effet décoaptant.

EXEMPLE 3 : SUSPENSION-TRACTION TOTALE DU RACHIS

La figure 3.78 illustre une suspension totale effectuée à l'aide d'un appareil dédié.

L'avantage de cette traction par rapport à un couple corset bassin-tronc est que l'intensité de la décoaptation est progressivement croissante : de la valeur du poids de la tête pour les vertèbres cervicales, et de plus en plus importante vers les étages dorsaux, puis lombaires.

Au niveau lombo-sacré, la traction est d'intensité égale au poids de la tête et du tronc.

Les cuisses fléchies détendent les psoas, ce qui permettra à la traction d'être plus efficiente au niveau lombaire.

Un autre atout provient de la possibilité d'adjoindre des mouvements de balancement du tronc ou de rotation. Le praticien peut mobiliser analytiquement la colonne et aussi, localement, solliciter manuellement tel ou tel niveau vertébral. L'inconvénient provient de la position au niveau circulatoire.

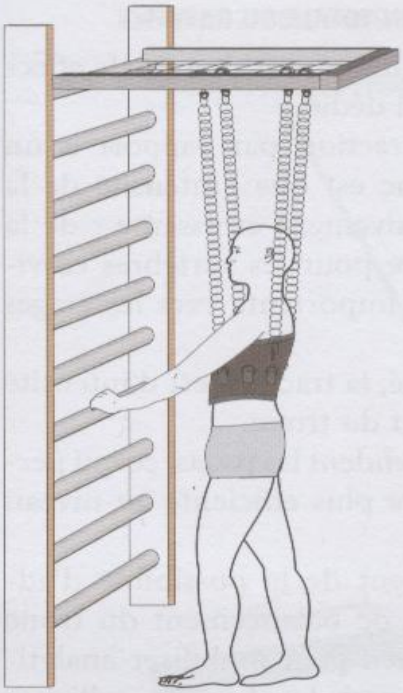
Tous les patients ne pourront donc bénéficier de ce type de traction. En revanche, on pourra utiliser le même principe d'utilisation du poids du tronc et de la tête comme moteur de la décoaptation, mais en se contentant d'une position déclive acceptable.

LA SUSPENSION DÉLESTANTE

Une suspension délestante peut être employée pour une mise en charge progressive du poids du corps (affections neurologiques ou orthopédiques). Une musculation légère mais fonctionnelle peut être alors exercée au niveau des membres inférieurs.

L'utilisation de ressorts, par l'intermédiaire d'un corset (éventuellement doublé d'une sangle pelvienne), permet la suspension du corps, plus ou moins pris en charge de manière importante.

On pourrait également effectuer le délestage à l'aide de charges précises, relayées par des poulies. Cela permet d'être plus précis. Une combinaison des deux systèmes (charges et ressorts) est possible si l'exercice doit être effectué avec plus de sécurité. Dans ce cas, lors de mouvements de flexion des jambes (fentes sagittales ou latérales), la retenue de la suspension est proportionnelle à la flexion opérée.



Ce type de suspension peut être une excellente alternative lorsque la rééducation ne peut pas être pratiquée en piscine.

Fig. 3.79 – Le réglage de la tension des ressorts peut se réaliser à partir des données connues par rapport à leur longueur ou plus simplement en plaçant un pèse-personne sous le patient. L'espalier offre, outre un appui au niveau des barreaux, une hauteur plus importante, permettant éventuellement une suspension des bras.

CONCLUSION

À ce stade de l'ouvrage, nous pouvons déjà constater que les suspensions nous offrent une multitude de possibilités. Nous avons même vu que notre matériel pouvait servir utilement dans le cadre des suspensions déclives, bien que souvent, étant un peu à l'écart du champ de la kinésithérapie, elles sont trop peu sollicitées (tout simplement par méconnaissance), aussi bien en milieu hospitalier, que lors de soins à domicile. Grâce à une poulie, la suspension se transforme en un circuit en va-et-vient et l'aspect circulatoire devient synergique à un début de mobilisation articulaire et d'entretien musculaire. En ajoutant un ressort dans le circuit rudimentaire, on augmente encore les possibilités de mobilité et une tonification devient permise.

Ces quelques accessoires pourront donc être très appréciés par les patients, particulièrement ceux qui sont obligés de rester alités et qui apprécieront, à juste titre, de pouvoir participer activement à une rééducation forcément trop courte au vu du temps trop souvent compté que leur accordera le praticien.

Il en est de même des suspensions prenant en charge les membres inférieurs et le bassin, facilitant une mobilisation en flexion-extension du bassin, des hanches et des genoux, mais également une mobilisation de la colonne lombaire dans tous les plans. Ici aussi, outre l'intérêt dans une rééducation, pensons aux bienfaits que peuvent présenter ces montages aisés à installer, dans la lutte contre les escarres en milieu hospitalier, ou pour faciliter une mobilisation de personnes très lourdes ou paralysées.

Il peut être, dès lors, souhaitable qu'une coopération s'installe entre le kinésithérapeute et le personnel infirmier. Installer ce type de suspension ne prend que quelques secondes si le matériel est disponible et laissé en chambre. Il en est de même pour les soins à domicile, où la famille peut, grâce à notre matériel, concourir favorablement à une convalescence ou une rééducation.

Nous avons décrit les suspensions axiales qui ouvrent un champ très vaste de possibilités : prise de mesures biométriques, position de mise en confiance pour le début d'une rééducation grâce au soutien ferme des sangles qui, par ailleurs, offre d'excellentes conditions pour explorer précisément une amplitude articulaire avec les réactions du patient.

Ceci montre également que les montages ne sont pas automatiquement à reléguer comme une sous-catégorie de la kinésithérapie, mais peuvent souvent parfaitement s'intégrer et tenter de parfaire un geste manuel.

La suspension oblique et son lestage permettent une récupération articulaire ou musculaire très appréciable en début de rééducation et en cas de parésies. Nous avons aussi vu que les vecteurs, issus de la décomposition des forces qui survient avec l'obliquité de la suspension, nous permettent d'obtenir des suspensions coaptantes ou tractantes selon le cas.

Enfin, nous avons appris à utiliser la fonction de délestage qu'offrent les suspensions souples. Celles-ci permettent une rééducation musculaire très variée, mais aussi des applications très subtiles qui pourront ravir les adeptes des techniques de relaxation. En effet, en plaçant tel ou tel membre en condition de pseudo-apesanteur, le praticien obtiendra des données visuelles révélatrices sur le tonus musculaire de son patient.

Nous aurions aussi pu parler de bien d'autres possibilités comme, par exemple, l'utilisation d'une suspension axiale lors de l'application de courants excitomoteurs employés en électrothérapie en cas de paralysie musculaire, ou encore des montages envisageables en psychomotricité.

Toutefois, les principes de base restent les mêmes et le praticien pourra facilement les adapter dans le cadre de sa discipline.

3 LES CIRCUITS DE TRACTION

Les suspensions permettent, à l'aide d'une installation très simple, d'obtenir un effet tractant, celui-ci dépendant de l'inclinaison des élingues de soutien. Cependant, puisque l'intensité de la tension est liée à cette inclinaison et au poids suspendu, les possibilités seront limitées, et souvent nous préférerons utiliser des circuits où les réglages seront plus variés et aisés.

MONTAGE DE BASE

La figure 3.80 nous montre l'installation de base d'un circuit de traction au niveau du membre inférieur. La position du sujet sera confortable, aucune incommodité ne doit risquer de provoquer des tensions musculaires qui pourraient être contre-productives vis-à-vis de l'effet de traction.

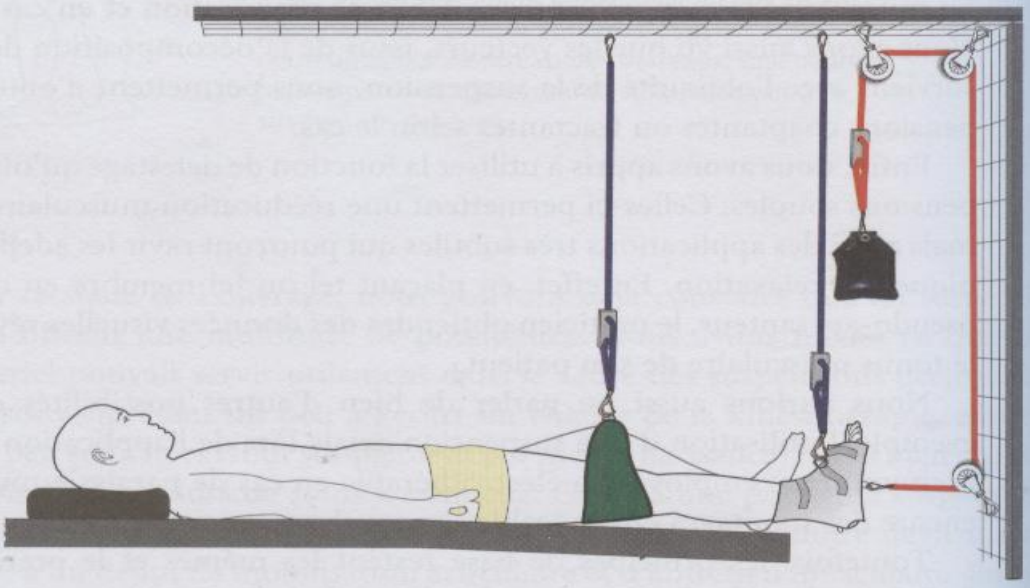


Fig. 3.80 – Installation de base d'un circuit de traction au niveau du membre inférieur.

On placera donc les coussins sous la tête et le genou fléchi controlatéral.

Le sujet sera en position horizontale, sauf si l'intensité de la traction serait telle qu'elle risquerait de provoquer la glissade du patient. Dans ce cas, une légère position déclive suffira à l'empêcher.

Le membre sera largement soutenu. Une bottine au pied permettra aussi bien l'accrochage de la suspension que du circuit de traction.

En effet, l'axe du membre inférieur n'est pas nécessairement aligné avec celui du corps. Un degré de flexion de la hanche peut être souhaité pour détendre la capsule articulaire ou relâcher une musculature rétractée.

D'autres raisons peuvent également influencer le choix de l'axe de traction.

En général, les élingues de suspensions seront verticales, mais on peut aussi les rendre obliques de manière à ce qu'elles génèrent un léger effet de traction (suspension tractante). Nous verrons plus loin que cela peut être appliqué avec des montages où l'on recherchera des différences de tensions décoaptatives cycliques au cours de la séance.

L'installation de la première poulie déviatrice, dans l'axe du membre, sera soigneusement placée de manière à diriger la traction dans la direction souhaitée. On veillera à ne pas créer un *recurvatum* au niveau du genou.

RÉGLAGE DE LA TRACTION

L'intensité de la traction sera déterminée par le poids ou la tension d'une bande élastique ou d'un ressort placé en bout de circuit.

Le ressort permet le réglage très précisément. On placera un dynamomètre pour obtenir la valeur désirée.

La mise en place d'un poids est, par ailleurs, rapide et d'une meilleure visibilité. La tension, dans ce dernier cas, ne risque pas de varier au cas où le patient aurait modifié sa position (glissade en avant), ou encore par un allongement du circuit (corde de mauvaise qualité ou poids important).

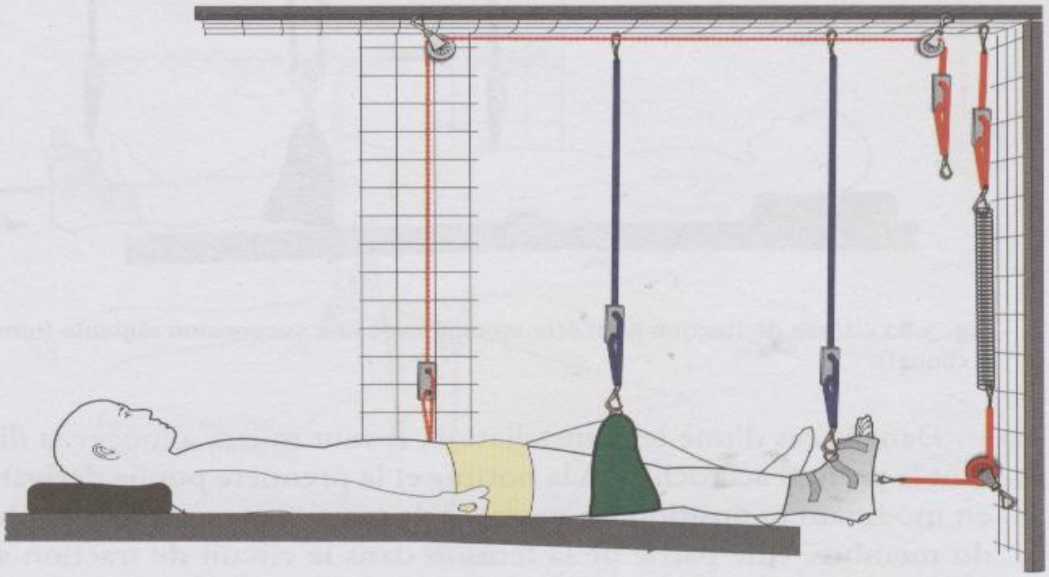


Fig. 3.81 – Éventuellement, on pourra faire dévier le circuit de traction vers le sujet afin qu'il puisse en modifier l'intensité (sécurité).

Que l'on choisisse un circuit ayant à son extrémité une charge ou un ressort, ce circuit peut être construit de manière à ce que le tendeur de réglage de tension soit accessible facilement par le sujet.

Le plus simple est d'accrocher alors l'extrémité du circuit vers une paroi latérale à proximité de la main du patient.

Cependant, si la paroi est trop éloignée ou non disponible, on pourra trouver un point fixe au circuit en reliant son extrémité vers une structure de la table, ou vers une charge lourde faisant office de point fixe.

On peut aussi construire le montage de manière à ce que le patient puisse modifier l'inclinaison du membre inférieur, et donc l'angle de traction au cours de la séance.

Il suffit pour cela de relier un nouveau circuit provoquant la flexion du membre inférieur vers un point fixe. Le patient pourra, en ajustant le tendeur, raccourcir ou allonger ce circuit.

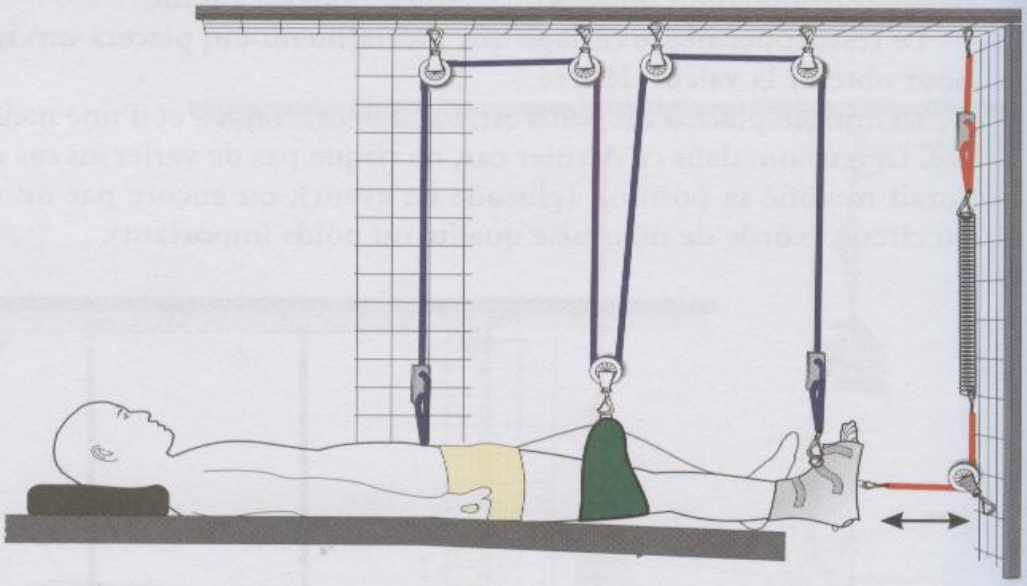


Fig. 3.82 – L'axe de traction peut être modifié avec une suspension réglable (tendeur ou poulie à cliquet).

Dans le cas d'une telle installation, il vaut mieux allonger la distance séparant le point d'accrochage à la bottine et la première poulie dérivative. En effet, en modifiant la position du membre, la traction ne se retrouve plus dans l'axe du membre. Une partie de la tension dans le circuit de traction se fractionne alors et diminue celle de la traction effective.

MAJORATION DE L'EFFICACITÉ DE TRACTION PAR L'EMPLOI D'UNE SUSPENSION SOUPLE

Il en est de même lorsqu'on tente de majorer les effets d'une traction à l'aide d'une suspension souple en associant quelques mouvements alternés, qu'ils soient verticaux ou latéraux, il vaut mieux placer le point d'accrochage

de la première poulie du circuit le plus loin possible du membre. La figure 3.83 montre le fractionnement des forces, dès que le membre quitte sa position neutre. Le circuit forme un angle d'autant plus marqué que le balancement est important, ce qui crée une composante de rotation s'opposant à l'oscillation souhaitée.

Cette composante s'intensifiera avec l'ampleur de la déviation.

Si l'on veut obtenir un balancement souple et efficace, on aura donc tout intérêt à déplacer la table de manière à obtenir une bonne distance entre le membre et la paroi de la cage.

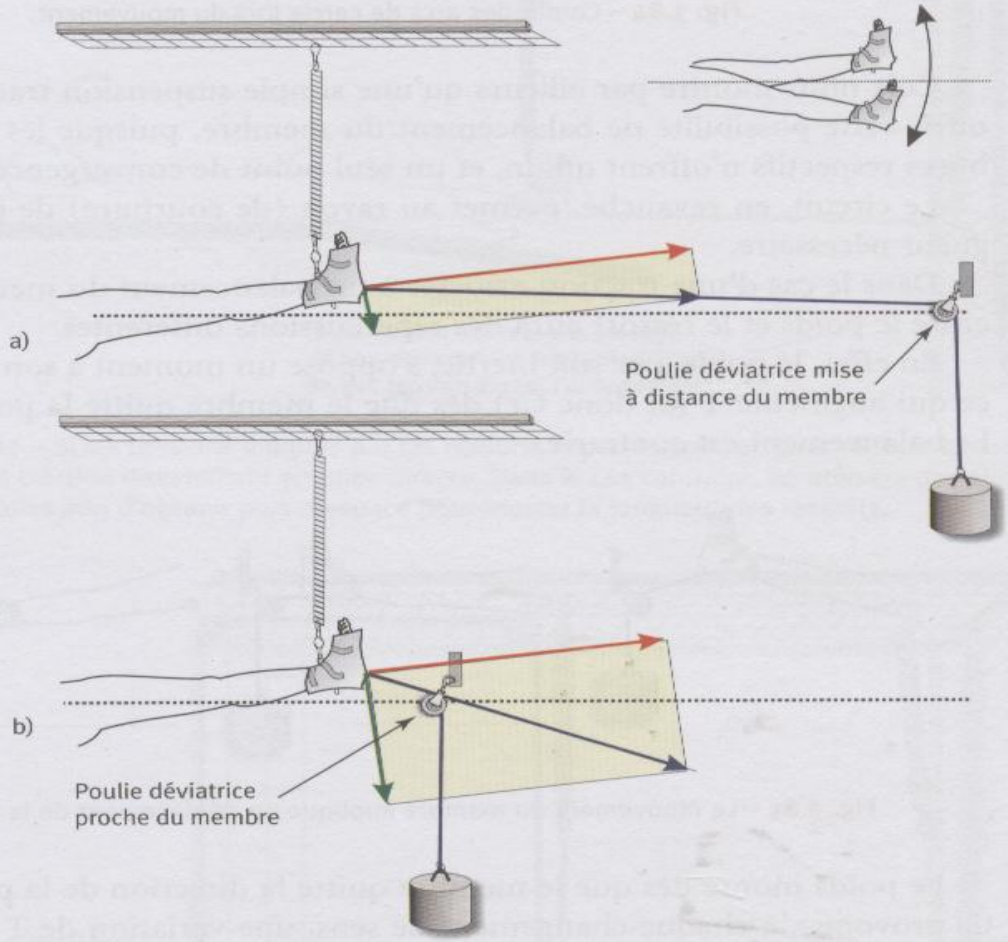


Fig. 3.83 – a) Au moment du balancement, l'axe du membre forme un angle avec l'élingue de traction, entraînant une Cr qui s'opposera au balancement. – b) La même amplitude de balancement entraîne une Cr plus importante lorsqu'on rapproche la poulie de dérivation près du membre. Le balancement sera fortement entravé.

Le balancement du membre implique aussi une variation dans la longueur du circuit puisque les arcs de cercle que suivent aussi bien le circuit de traction que le membre lui-même sont opposés.

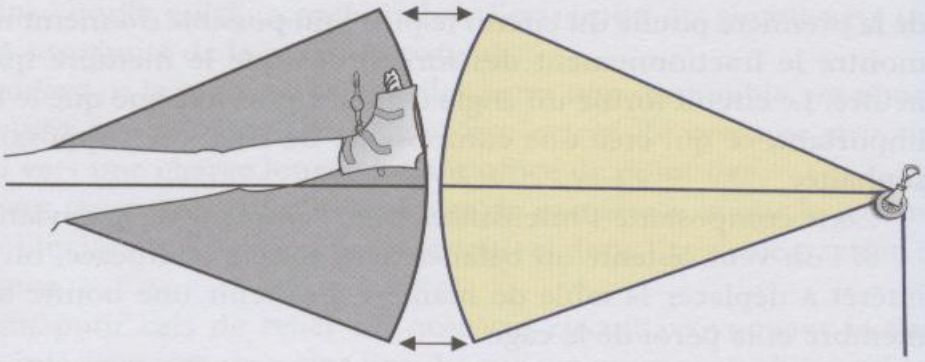


Fig. 3.84 – Conflit des arcs de cercle lors du mouvement.

Cela nous montre par ailleurs qu'une simple suspension tractante ne peut offrir cette possibilité de balancement du membre, puisque les arcs de courbures respectifs n'offrent qu'un, et un seul point de convergence.

Le circuit, en revanche, permet au rayon (de courbure) de gagner la longueur nécessaire.

Dans le cas d'une traction associée à un balancement du membre, le choix entre le poids et le ressort aura des répercussions différentes.

En effet, le poids, par son inertie, s'oppose un moment à son déplacement, ce qui augmente T (et donc Cr) dès que le membre quitte la position neutre. Le balancement est contrarié.

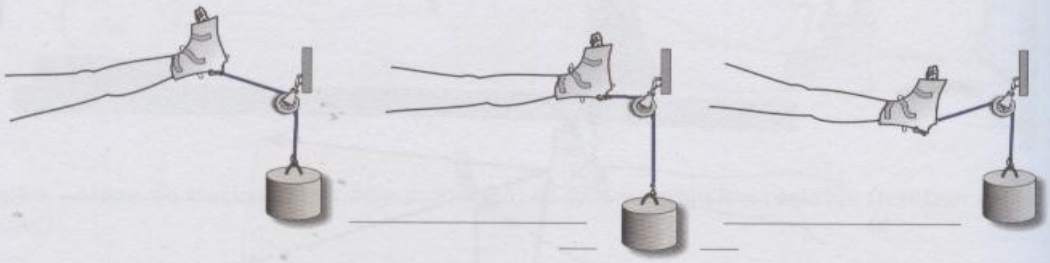


Fig. 3.85 – Le mouvement du membre implique un déplacement de la charge.

Le poids monte dès que le membre quitte la direction de la poulie. L'inertie provoque, à chaque changement de sens, une variation de T qui peut être relativement importante pour des mouvements amples. L'intensité de T suivra une onde sinusoïdale autour de la valeur d'équilibre.

À moins que cette variation ne soit souhaitée, on recherchera une tension la plus régulière possible.

Le ressort ne connaît pas le même phénomène d'inertie que le poids, mais il augmente sa tension proportionnellement à sa longueur (et donc également la Cr qui s'oppose au balancement). La solution réside à utiliser le ressort le plus léger possible, éventuellement placé en série avec un second, de manière à ce qu'à

partir du réglage nécessaire pour obtenir la tension souhaitée, une modification de sa longueur n'entraîne qu'une très faible augmentation de T (et donc de Cr).

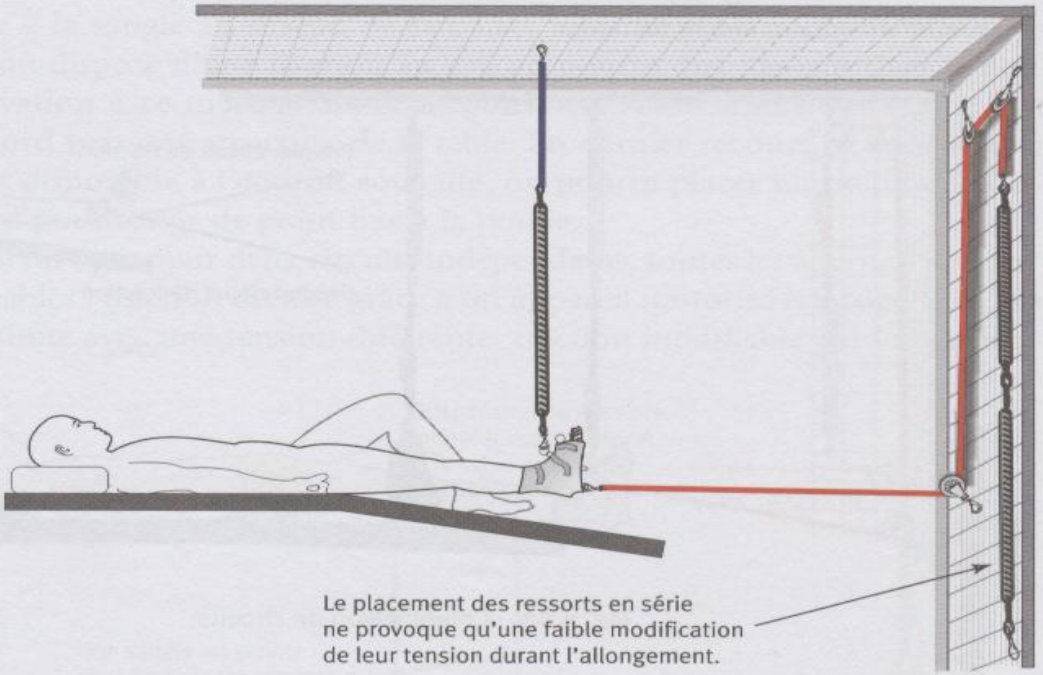


Fig. 3.86 – Si les tensions induites par les ressorts le permettent, on peut réaliser la suspension et/ou la traction directement en prise directe. Dans le cas contraire, on utilisera des élingues et des poulies afin d'obtenir plus d'espace pour ajuster la longueur des ressorts.

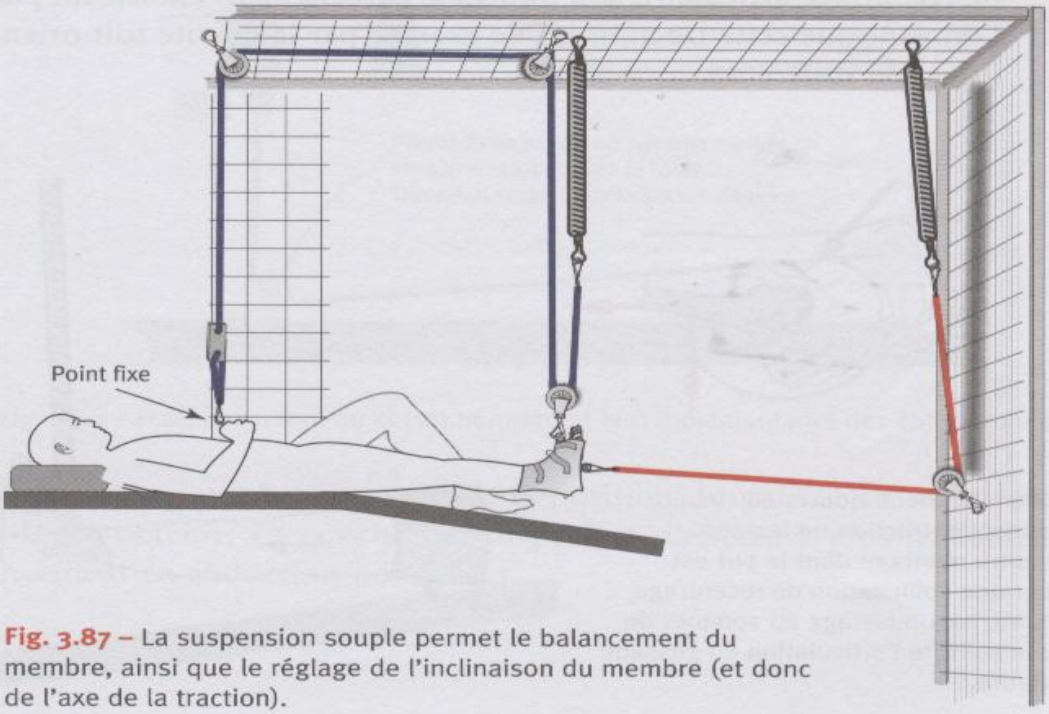


Fig. 3.87 – La suspension souple permet le balancement du membre, ainsi que le réglage de l'inclinaison du membre (et donc de l'axe de la traction).

Bien des combinaisons de circuits sont possibles. On peut aussi construire deux circuits de traction dirigés différemment. Les réglages de tension de l'un et de l'autre circuit généreront une résultante qui modifiera aussi bien l'intensité que la direction de la tension.

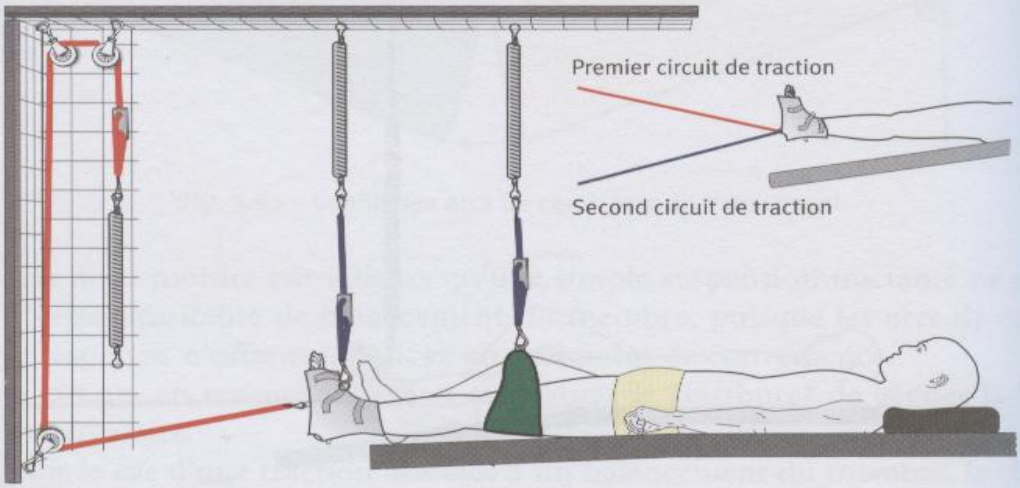
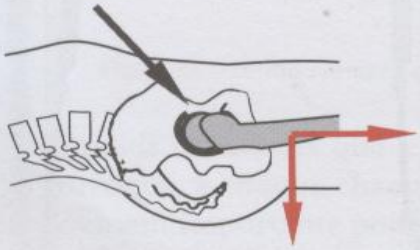


Fig. 3.88 – Combinaison de circuits.

LESTAGE ET CIRCUIT COMPLÉMENTAIRE À VISÉE DE RECENTRAGE ARTICULAIRE

Un lestage offre la possibilité de solliciter la tête fémorale pour une tentative de recentrage articulaire. On pourra éventuellement choisir un plan oblique si l'on veut que cette traction locale exercée par la gravité soit orientée vers une direction différente.



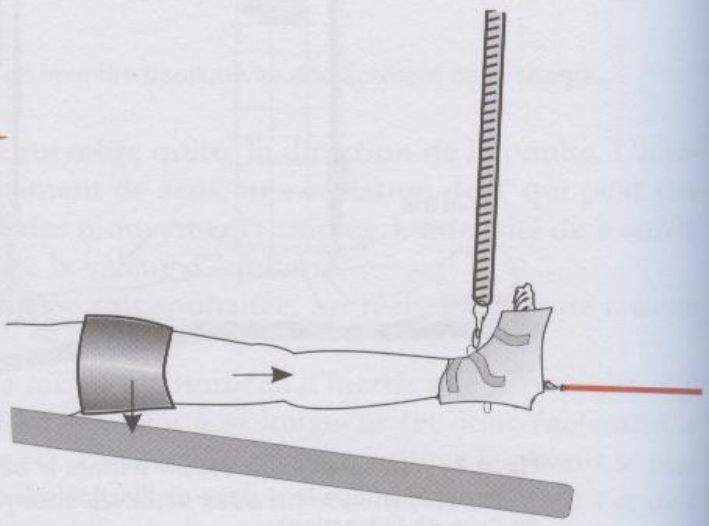


Fig. 3.89 – On peut ajouter au circuit de suspension-traction un lestage ou un autre montage dont le but est d'opérer une sollicitation de recentrage articulaire. Ici, un lestage au sommet de la cuisse sollicite l'articulation en glissade postérieure.

On peut aussi étendre le circuit principal de traction vers une sangle à la racine du genou pour atteindre ce but. La tension prendra alors en charge une poulie mobile qui prendra les deux brins de chaque partie du circuit. L'élingue fixée à la sangle au niveau de la cuisse sera dirigée dans la direction voulue. Si l'on dispose d'une fixation au sol, on pourra directement fixer la poulie de dérivation à ce niveau, sinon on pourra se servir d'une bandelette pour un raccord vers une structure de la table. En dernier recours, si aucune structure n'est disponible à l'endroit souhaité, on pourra placer un poids suffisamment lourd pour servir de point fixe à la poulie.

Si on opte pour deux circuits indépendants, toutes les alternatives sont envisageables : traction décalée grâce à un appareil motorisé (*cf.* page 119), traction continue avec une tension différente, traction modifiable par le patient.

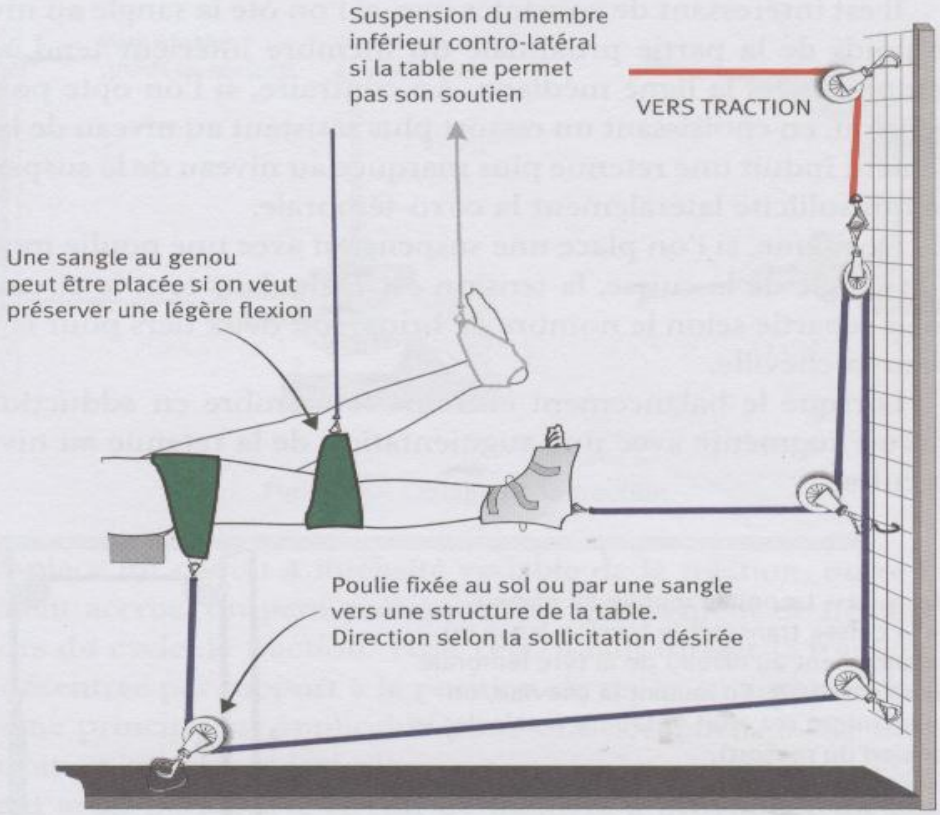


Fig. 3.90 – Fractionnement du circuit permettant la complémentarité des sollicitations.

On profitera avantageusement de la position du patient en vue de ce que l'on désire obtenir. Le couché latéral permet d'effectuer plus facilement un balancement en abduction-adduction.

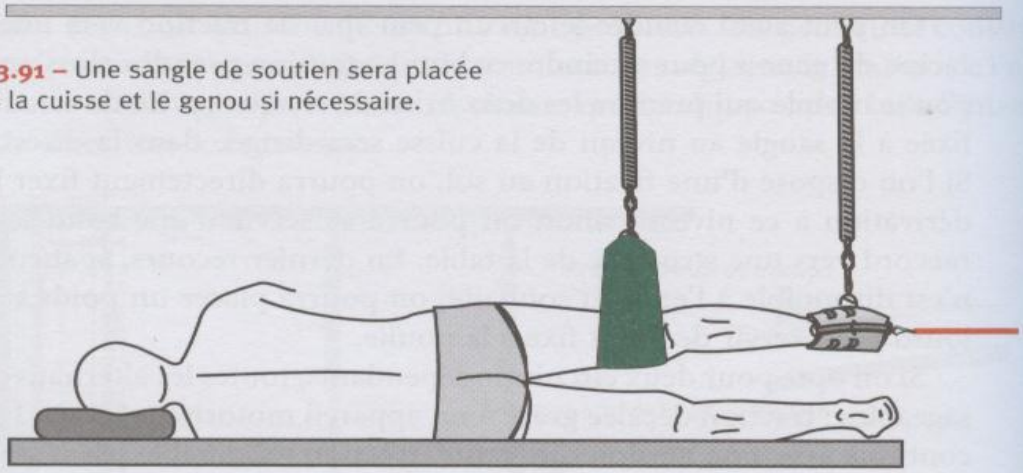


Fig. 3.91 – Une sangle de soutien sera placée sous la cuisse et le genou si nécessaire.

Il est intéressant de constater que, si l'on ôte la sangle au niveau de la cuisse, le poids de la partie proximale du membre inférieur tend à solliciter la tête fémorale vers la ligne médiane. Au contraire, si l'on opte pour la double suspension, en choisissant un ressort plus résistant au niveau de la cuisse, le balancement induit une retenue plus marquée au niveau de la suspension proximale, ce qui sollicite latéralement la coxo-fémorale.

De même, si l'on place une suspension avec une poulie mobile s'accrochant à la sangle de la cuisse, la tension est égale dans tout le circuit de suspension, mais répartie selon le nombre de brins, soit deux tiers pour la cuisse et un tiers pour la cheville.

Lorsque le balancement entraîne le membre en adduction, la tension du circuit augmente avec une augmentation de la retenue au niveau proximal de la cuisse.

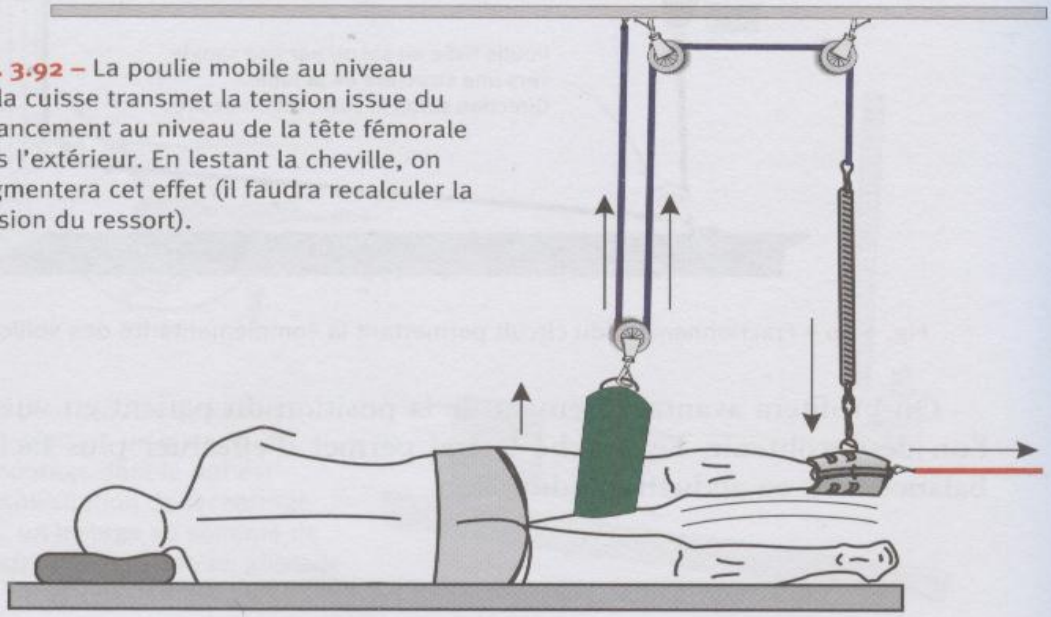


Fig. 3.92 – La poulie mobile au niveau de la cuisse transmet la tension issue du balancement au niveau de la tête fémorale vers l'extérieur. En lestant la cheville, on augmentera cet effet (il faudra recalculer la tension du ressort).

EXEMPLE PRATIQUE : LA TRACTION CERVICALE

Dans le cas d'une traction cervicale, le circuit pourra être orienté de manière à cibler préférentiellement tel segment cervical ou cervico-dorsal.

Si on choisit pour une suspension souple, on pourra, de plus, rendre la traction plus dynamique en créant des micro-déplacements des apophyses articulaires en décoaptation. Une traction rythmée par un appareil motorisé est de nature à créer un effet de pompage favorable aux disques intervertébraux (*cf.* page 117).

Éventuellement, si l'on vise un étage intervertébral en particulier, on pourra intercaler une cale entre la table et l'étage vertébral sous-jacent. Celle-ci provoquera également, par la poussée sur l'épineuse, un effet de décoaptation des apophyses articulaires postérieures par rapport à l'étage sus-jacent.

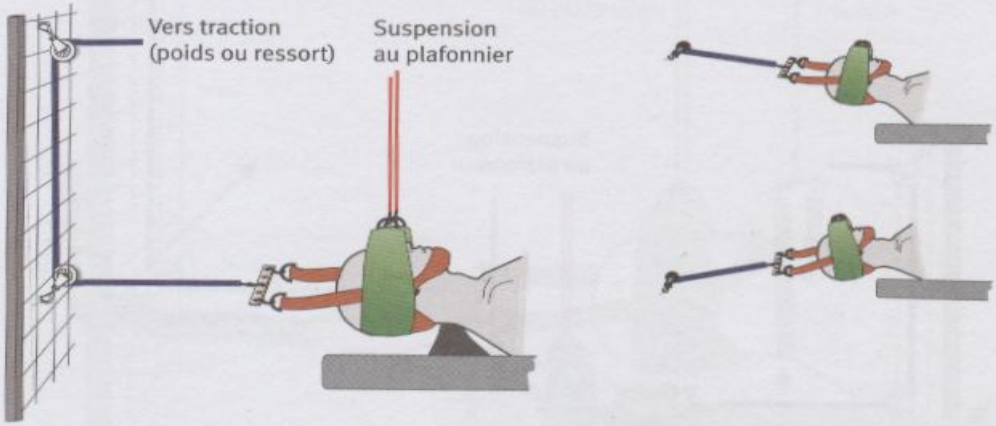


Fig. 3.93 – Ciblage de la traction.

Si l'on place un circuit à intensité variable de la traction, outre l'efficacité généralement accrue, on peut provoquer un mouvement de flexion ou d'extension lors du cycle de traction. Pour cela, il faut diriger la traction vers une position décentrée par rapport à la position de repos en suspension de la tête.

Ce même principe est applicable pour une combinaison de traction avec une sollicitation en flexion latérale.

On peut aussi partager le circuit de manière à provoquer un dégagement vertébral controlatéral en plaçant une sangle ajustée à l'étage visé.

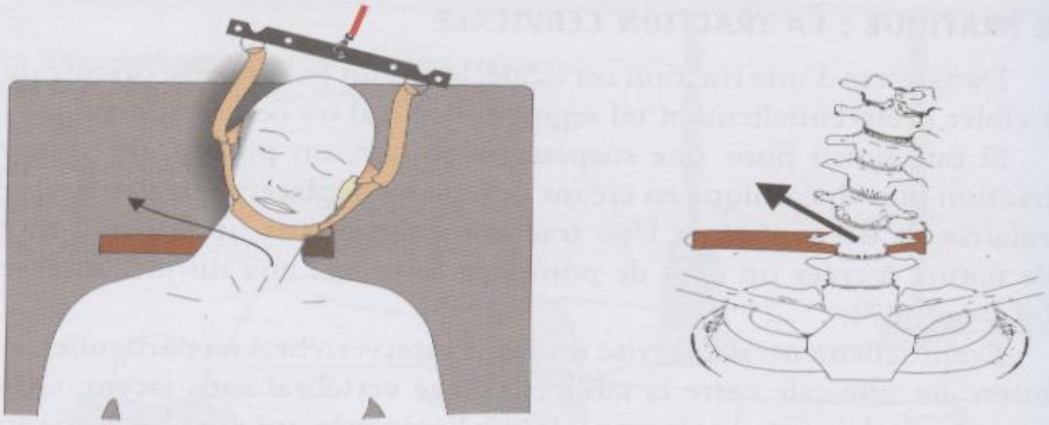


Fig. 3.94 – Lanière sollicitant en ouverture latérale un étage vertébral.

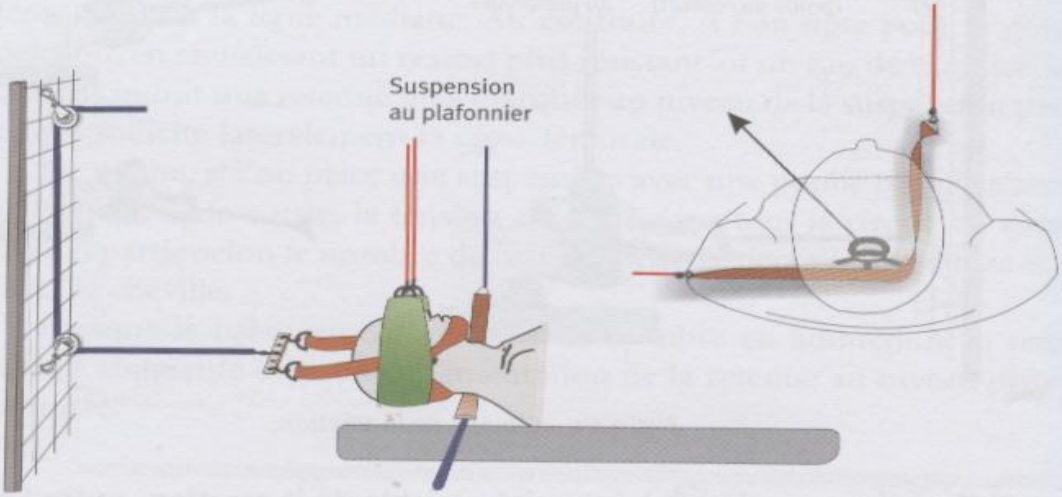


Fig. 3.95 – Choix de l'obliquité de la sollicitation par l'ajustement du réglage de part et d'autre de la lanière.

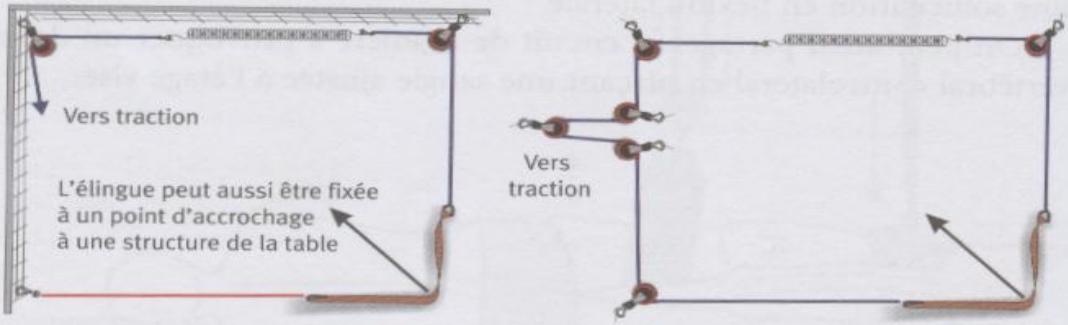


Fig. 3.96 – Exemples d'installation du circuit.

Si une sollicitation à 45° vers le plan médian et le haut est recherchée, le plus simple est de placer la sangle sous la région cervicale et de fixer la partie horizontale vers la paroi latérale de la cage, tandis que la partie verticale est reliée vers le haut au circuit de traction.

Néanmoins, si l'on veut être plus précis, on peut relier chaque extrémité au circuit tractif, voire vers deux circuits attribuant des tensions différentes, on peut alors diriger la sollicitation vers une obliquité différente, selon la résultante des vecteurs.

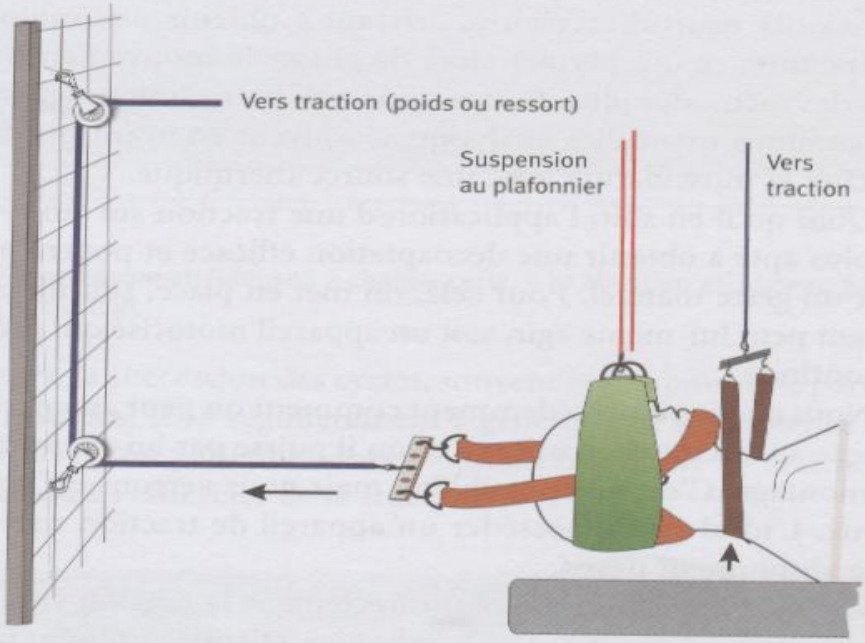


Fig. 3.97 – Sollicitation sur l'épineuse lors de la traction.

On peut aussi coupler la traction avec un circuit secondaire sollicitant un mouvement de tiroir antérieur d'un niveau vertébral déterminé.

Afin d'éviter la compression du cou, on placera les extrémités de la sangle dans un support spécialement dédié. On peut aussi rendre la poussée sur l'épineuse moins diffuse en interposant une mousse dure horizontalement entre la sangle et la vertèbre.

Il s'agit d'imiter au mieux ce que l'on chercherait à effectuer manuellement. On placera donc toutes les directions des élingues vers ce but.

Les tractions obtenues avec les suspensions et les circuits que nous venons d'étudier présentent l'inconvénient d'être continues lors de la séance, à moins que le praticien reste présent pour assurer quelques moments de repos pour fractionner les périodes de traction.

Or, une traction permanente aboutit parfois à des effets contre-productifs. En effet – et c'est surtout vrai lors des tractions cervicales – le désagrément qui survient suite à la compression au niveau du dispositif appliqué au patient (bottine, collier) finit par occasionner des tensions musculaires qui emprisonnent l'articulation dans un étau, rendant la traction inefficace. Toute augmentation de tension est contrecarrée par un accroissement du tonus musculaire péri-articulaire. Lorsqu'une retenue musculaire s'oppose à la décoaptation articulaire souhaitée, on pourra avoir recours à différentes techniques. Soit, comme le font certains praticiens à l'aide de manipulations utilisant quelques ruses sur les fuseaux neuromusculaires, arrivant à obtenir une inhibition fugace de la contracture, ce qui permet alors de glisser le mouvement normalisateur, soit avec des méthodes plus douces associant des techniques de massothérapie, des sollicitations manuelles analytiques, souvent en ayant préalablement tenté de relâcher la musculature avec une source thermique.

Quoi qu'il en soit, l'application d'une traction sur un rythme intermittent est plus apte à obtenir une décoaptation efficace et pourra précéder ou consolider un geste manuel. Pour cela, on met en place, soit un circuit sur lequel le patient peut lui-même agir, soit un appareil motorisé qui produira une tension discontinue.

Nous avons vu précédemment comment on peut amener vers le patient une annexe au circuit de manière à ce qu'il puisse par lui-même modifier la tension du montage. C'est une possibilité, mais nous verrons qu'il y a moyen de faire mieux. L'idéal est de posséder un appareil de traction motorisé où le patient reste absolument passif.

Certains appareils délivrent directement la tension variable par l'intermédiaire d'une corde sortant de leur boîtier. D'autres utilisent un disque tournant, muni de points d'accrochage, permettant au praticien d'y fixer un ressort.

La plupart de ces appareils offrent l'avantage de créer une tension parfaitement progressive dans le circuit.

L'APPAREIL DE TRACTION

LES DIFFÉRENTS TYPES D'APPAREILS

Il existe plusieurs modèles, mais en général, ils permettent de pouvoir régler une intensité de traction puis de moduler celle-ci en cycles alternés de traction-relâchement. Certains appareils offrent, en outre, la possibilité de programmer une augmentation de l'intensité à chaque cycle, jusqu'à atteindre le maximum que l'on s'est assigné.

Cette manière de faire est très efficiente. En effet, cela permet de préparer le patient à s'accoutumer à des intensités légères, puis aux augmentations successives quasi imperceptibles sur les cycles suivants.

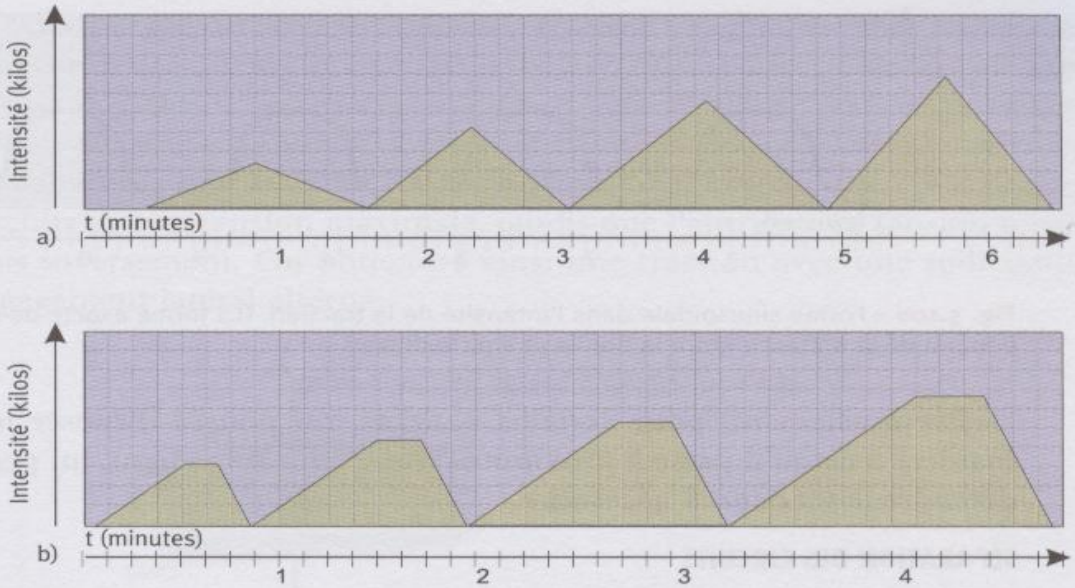


Fig. 3.98 – a) Progression en intensité à chaque cycle. – b) Maintien en plateau à chaque cycle progressif de la traction.

Par ailleurs, la succession des cycles, souvent réglée pour une période variant de 10 à 20 minutes, tend régulièrement à générer une somnolence (il n'est pas rare de retrouver son patient endormi) qui est bénéfique au relâchement musculaire, et donc à l'efficacité de la traction.

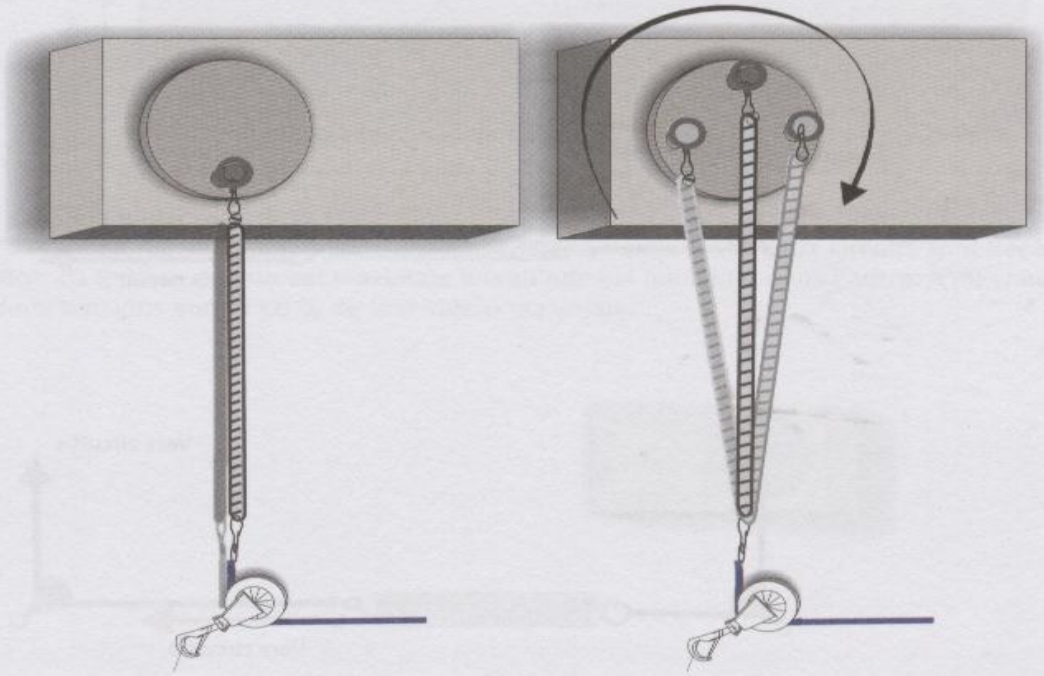


Fig. 3.99 – Modèle simple. Un disque tournant entraîne le ressort que l'on y a accroché, modifiant la tension du circuit. Malgré sa simplicité, ce modèle bénéficie de l'avantage de sa visibilité.

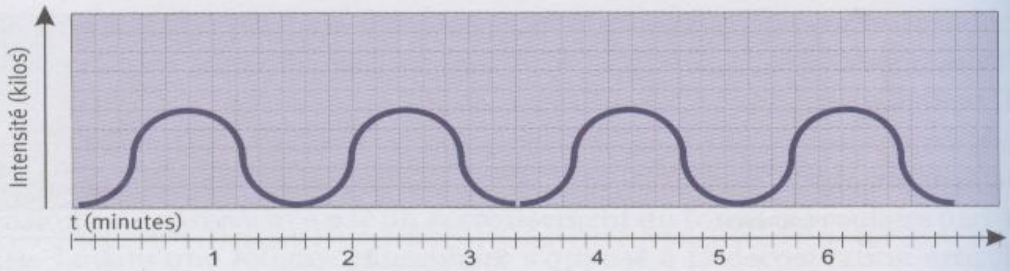


Fig. 3.100 – Forme sinusoïdale dans l'intensité de la traction. (La forme exacte de la sinusoïde dépend de la distance entre la poulie et l'accrochage.)

Éventuellement, pour certains patients, on pourra disposer le circuit de manière à ce qu'il passe à proximité d'une main du patient, lui permettant de détendre le tendeur si nécessaire.

SÉPARATION DES CIRCUITS

L'appareil motorisé peut être utilisé de manière à créer plusieurs circuits différents. Le praticien choisira des ressorts de résistances équivalentes ou non selon le but du (ou des) circuit(s) supplémentaire(s).

Il sera parfois nécessaire de placer, pour l'un ou l'autre circuit, une élingue de mise en pré-tension si une certaine intensité de la traction est souhaitée dès le départ.

De même, la traction motorisée peut être juxtaposée à un circuit également tractif indépendant de l'appareil.

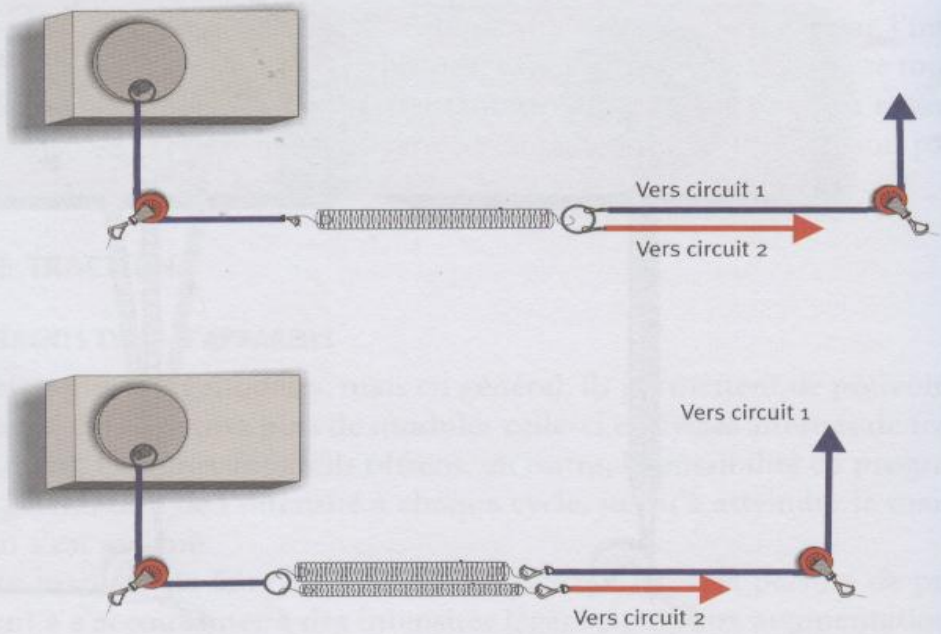


Fig. 3.101 – Une traction peut se répartir en plusieurs circuits qui se partagent la tension. Mais on peut aussi placer plusieurs circuits ayant des tensions différentes.

Avec le type d'appareil illustré, on peut également créer divers circuits indépendants, mais décalés en ce qui concerne leur variation d'intensité. Supposons une traction cervicale avec une traction médiane à l'aide d'un circuit permanent léger et, de part et d'autre, un circuit supplémentaire fixé à droite et à gauche, relié à l'appareil motorisé, de manière à ce qu'un des circuits soit en tension maximale, tandis que l'autre est en tension minimale, puis inversement. On obtiendra ainsi une traction avec une sollicitation en dégagement latéral alterné.

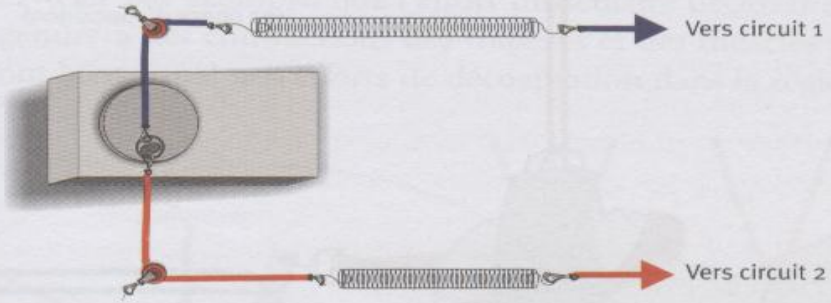


Fig. 3.102 – Le circuit 1 voit sa tension au maximum lorsque qu'elle est au minimum dans le circuit 2.

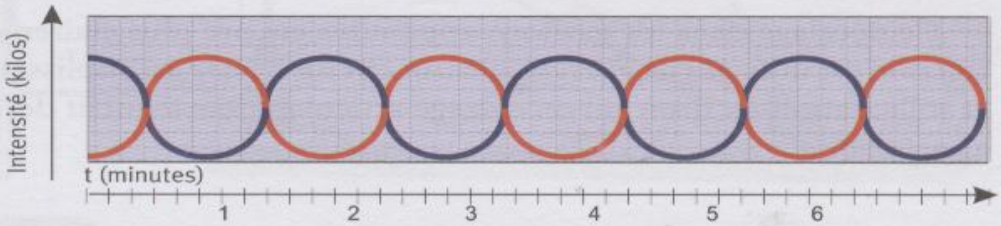


Fig. 3.103 – Forme sinusoïdale dans l'intensité de la traction. Les deux circuits sont décalés de 180°. La tension de l'un est maximale lorsqu'elle est minimale dans l'autre. À mi-chemin, les deux tensions sont à 50 % de leur valeur maximale.

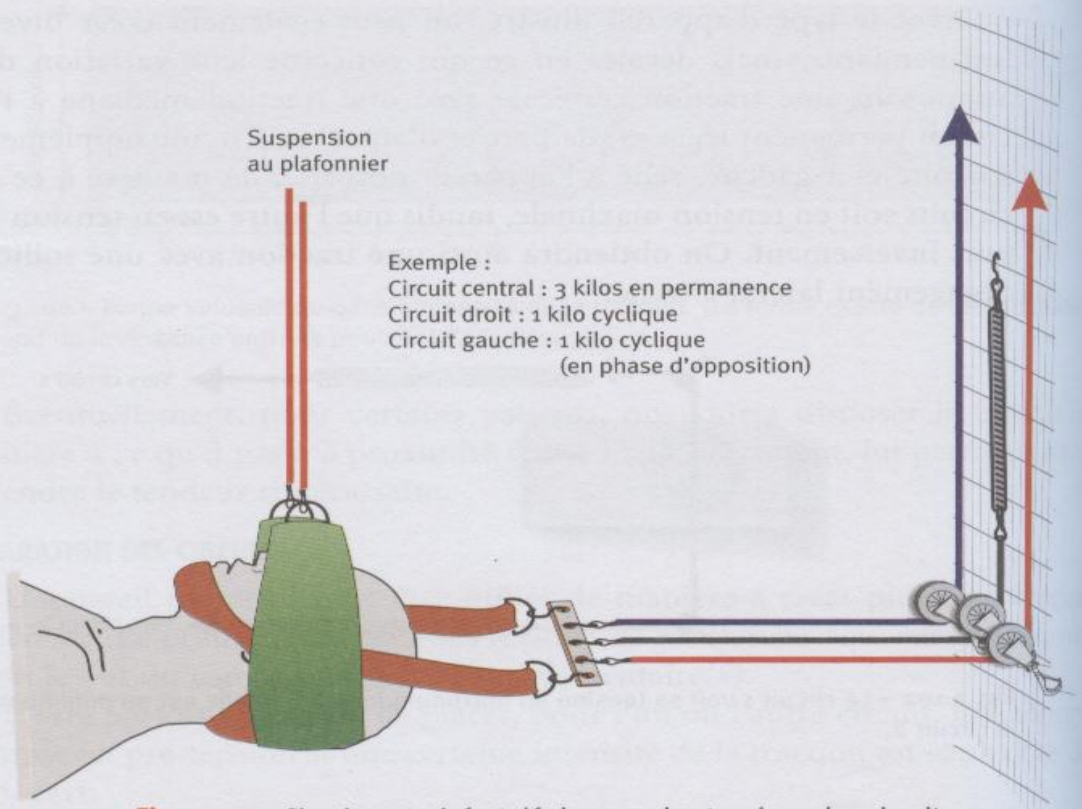


Fig. 3.104 – Circuit motorisé et déphasage des tensions des circuits.

Ce décalage dans les tensions apparaîtra encore plus clairement lorsqu'une traction est utilisée en synergie avec un circuit à visée assouplissante, où traction et sollicitation en tiroir ou recentrage articulaire deviennent des complices très appréciables.

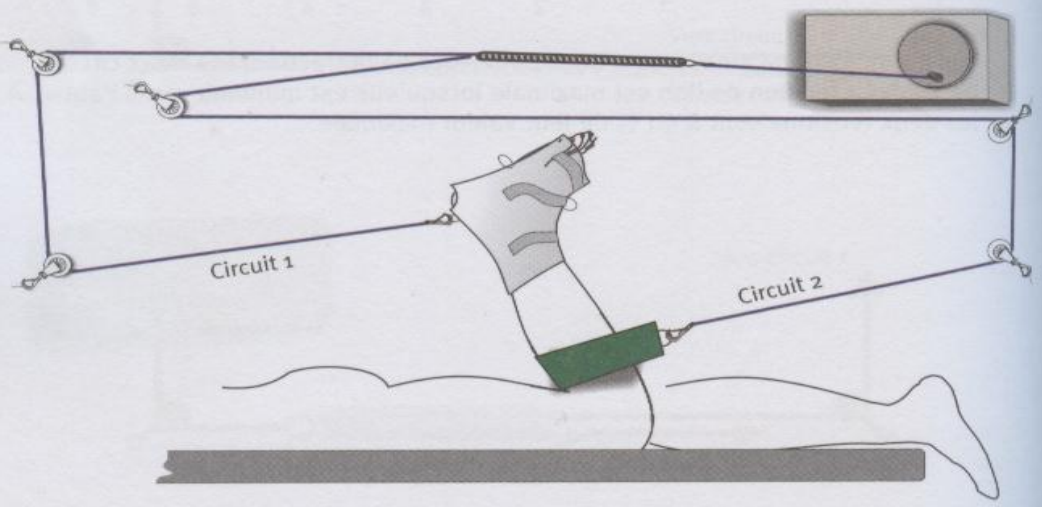
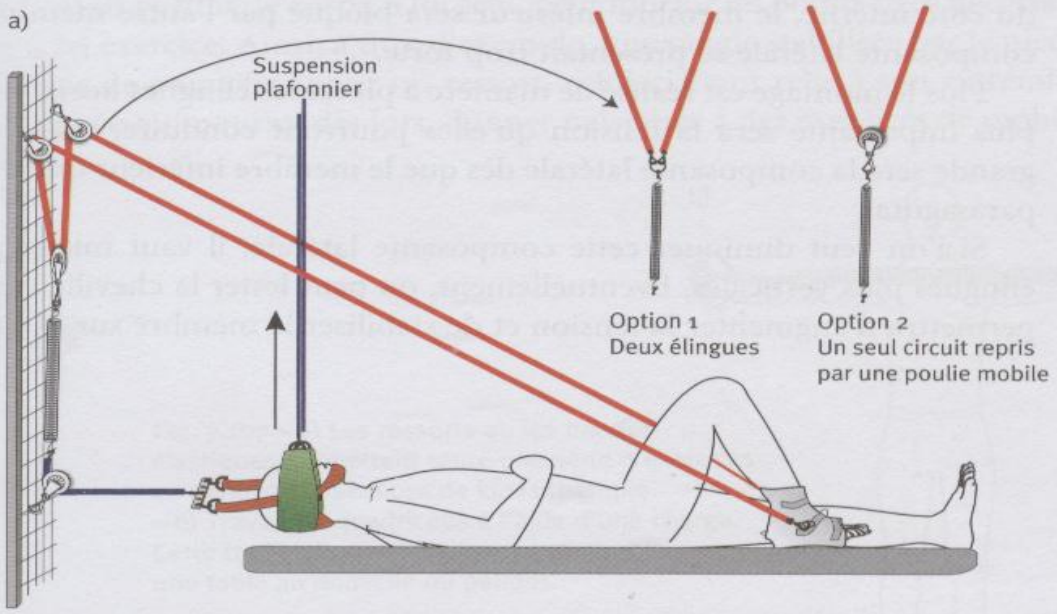


Fig. 3.105 – Installation motorisée.

UTILISATION DU POIDS D'UN MEMBRE COMME FORCE TRACTANTE

Cependant, chaque praticien n'aura pas un tel système motorisé à sa disposition, et il nous sera donc utile de pouvoir nous débrouiller avec les moyens disponibles. L'astuce est de pouvoir construire un montage qui fournira, par l'intermédiaire d'un des membres du patient, la tension nécessaire pour réaliser une traction dans un circuit, mais sans que cela occasionne un effort susceptible de gêner la traction. Le plus simple serait de relier le circuit de traction à une poignée remise au patient. Cependant, on peut facilement imaginer, dans le cas d'une traction cervicale par exemple, que l'effort musculaire nécessaire pour tendre le circuit engendrera des contractions des trapèzes et des muscles paravertébraux, qui mettront bien à mal nos efforts de décoaptation dans la région cervicale.



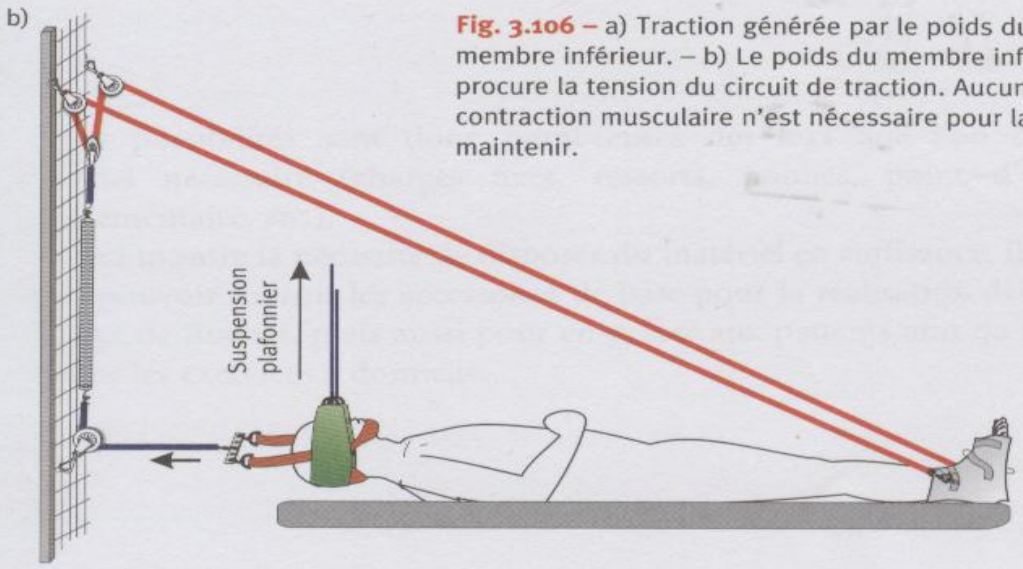


Fig. 3.106 – a) Traction générée par le poids du membre inférieur. – b) Le poids du membre inférieur procure la tension du circuit de traction. Aucune contraction musculaire n'est nécessaire pour la maintenir.

Pour réaliser un tel circuit, nous utiliserons le poids du membre inférieur, avec un circuit dont les deux extrémités seront fixées de part et d'autre d'une bottine au pied du patient, tandis qu'à l'autre bout du circuit, une poulie mobile transmettra la tension d'un ressort.

Les deux élingues sont dérivées par des poulies, puis jointes dans un mousqueton vers le ressort de traction. Une alternative consiste à utiliser une élingue plus longue passant par une poulie mobile, celle-ci étant reliée au ressort de traction, tandis que ses deux extrémités se fixent de chaque côté de la bottine.

Si la tension à appliquer n'est pas trop importante, on peut se contenter d'une élingue placée du côté interne de la cheville. Il faut cependant veiller à bien aligner la première poulie de dérivation, de manière à limiter au maximum la composante latérale qui naîtra une fois le circuit en tension. En la plaçant du côté interne, le membre inférieur sera bloqué par l'autre membre si cette composante latérale se présentait trop forte.

Plus le montage est réalisé de manière à placer les élingues horizontalement, plus importante sera la tension qu'elles pourront conduire, mais aussi plus grande sera la composante latérale dès que le membre inférieur quitte son plan parasagittal.

Si l'on veut diminuer cette composante latérale, il vaut mieux placer les élingues plus verticales. Éventuellement, on peut lester la cheville (Cr), ce qui permettra d'augmenter la tension et de stabiliser le membre sur le support.

4 LES CIRCUITS DE MOBILISATION ET DE MUSCULATION

Avant de décrire quelques exemples de circuits, il n'est pas inutile de rappeler qu'il est possible de créer des montages rudimentaires, mais efficaces et ne nécessitant que très peu de matériel.

Dans certains cas, on peut utiliser les ressorts, les sangles et les poignées sans avoir recours aux panneaux grillagés. Nous avons déjà décrit comment un patient pouvait, à domicile, accrocher le matériel à un anneau et effectuer une suspension tractante. Mais dès lors qu'un point d'accrochage sera disponible, bien des montages que nous décrirons dans les pages suivantes pourront être adaptés, de manière à ce que le patient puisse participer activement à sa rééducation entre les séances de kinésithérapie.

Mais parfois, le corps, à lui seul, peut fournir les points fixes nécessaires à tel ou tel exercice. Ainsi, à titre d'exemple, une sangle stabilisée par le pied pourra servir de point fixe pour un ressort, celui-ci étant relié à son extrémité à une poignée qui pourra, dès lors, donner naissance à des exercices de mobilisation.

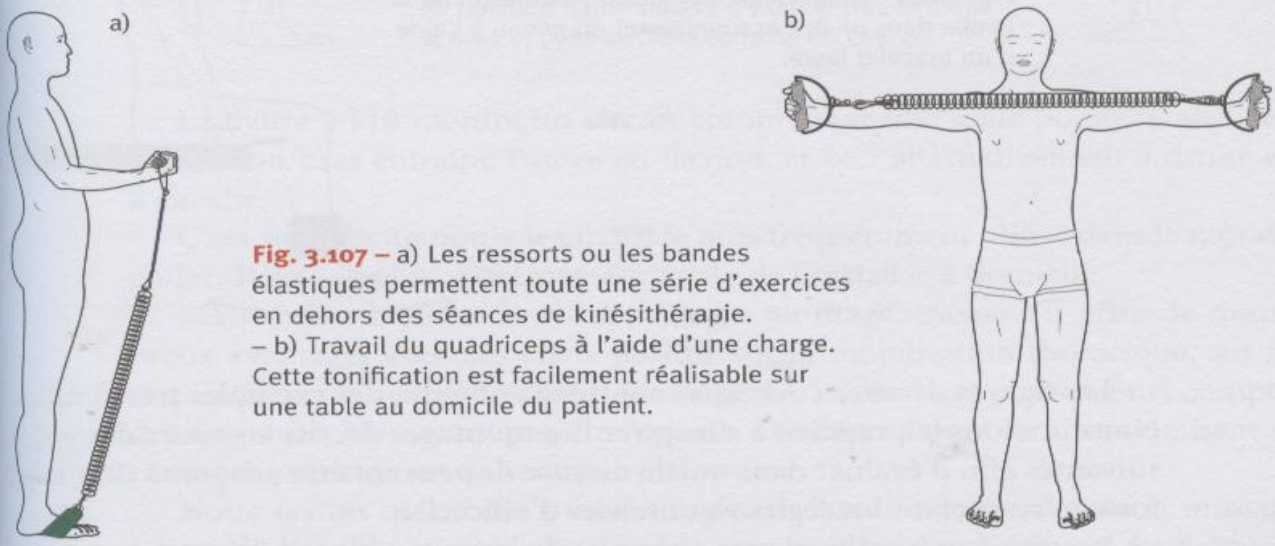


Fig. 3.107 – a) Les ressorts ou les bandes élastiques permettent toute une série d'exercices en dehors des séances de kinésithérapie.
– b) Travail du quadriceps à l'aide d'une charge. Cette tonification est facilement réalisable sur une table au domicile du patient.

Les possibilités sont donc nombreuses dès lors que l'on dispose du matériel nécessaire (charges fixes, ressorts, poulies, point d'accrochage supplémentaire, *etc.*).

Ceci montre la nécessité de disposer du matériel en suffisance. Il faudra, en effet, pouvoir fournir les accessoires de base pour la réalisation des montages en cage de Rocher, mais aussi pour en prêter aux patients afin qu'ils puissent réaliser les exercices à domicile.

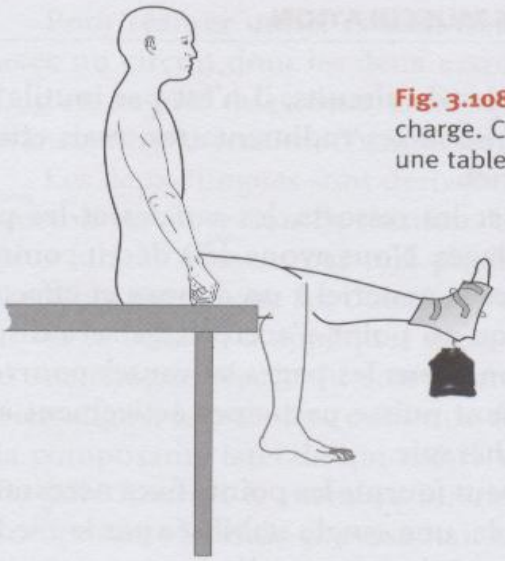


Fig. 3.108 – Travail du quadriceps à l'aide d'une charge. Cette tonification est facilement réalisable sur une table au domicile du patient.

Fig. 3.109 – Balancement en flexion-extension de la jambe dans un but assouplissant du genou à l'aide d'un bracelet lesté.

Les figures décrites ci-dessus sont, bien entendu, des exemples très simples. Nous invitons le praticien à s'inspirer des montages décrits au cours des pages suivantes afin d'évaluer dans quelle mesure ils peuvent être adaptés à domicile, tout en respectant les règles rigoureuses d'efficacité.

Voyons à présent quelques exemples de circuits qui sont fréquemment réalisés dans les centres de rééducation.

CIRCUIT EN VA-ET-VIENT

Les circuits les plus simples sont ceux que l'on nomme en va-et-vient, unissant généralement un membre et son homologue controlatéral dans un mouvement alterné, ceci avec un but, soit de mobilisation, soit circulatoire, soit assouplissant. Il sera facile, cependant, de les utiliser également lorsque le circuit aura une visée de tonification musculaire, moyennant quelques adaptations au montage.

EXEMPLE 1 : FLEXION-EXTENSION DE L'ÉPAULE EN POSITION DEBOUT OU ASSISE

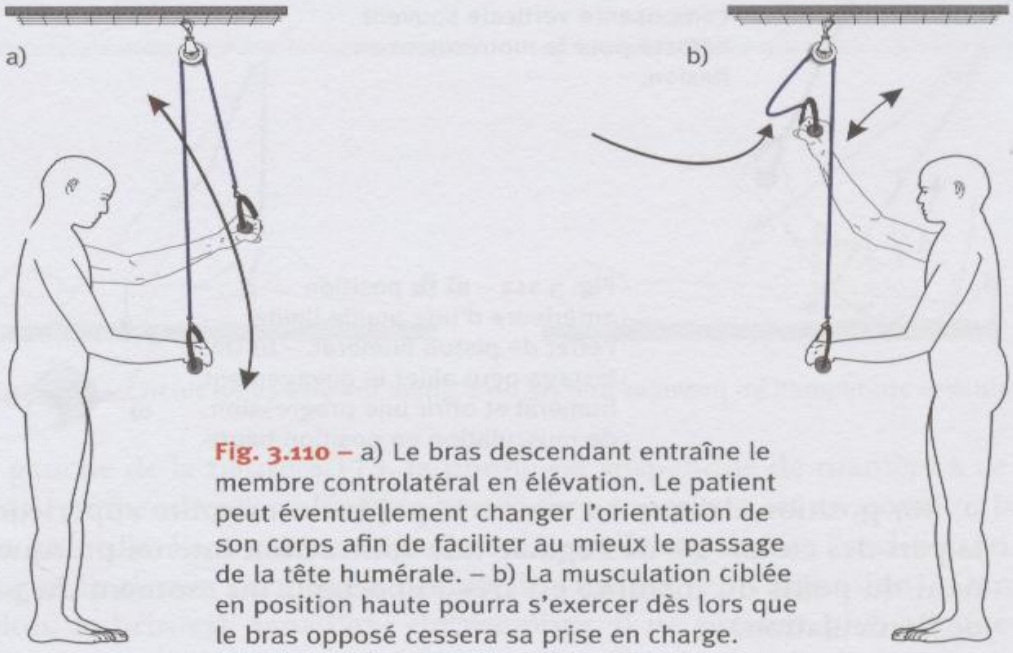


Fig. 3.110 – a) Le bras descendant entraîne le membre controlatéral en élévation. Le patient peut éventuellement changer l'orientation de son corps afin de faciliter au mieux le passage de la tête humérale. – b) La musculation ciblée en position haute pourra s'exercer dès lors que le bras opposé cessera sa prise en charge.

La figure 3.110 montre un circuit comprenant une seule poulie. L'abaissement d'un bras entraîne l'autre en flexion, et ceci alternativement à droite et à gauche.

C'est sans aucun doute le circuit le plus fréquemment utilisé dans le monde entier. Il est, de plus, extrêmement facile de l'installer à domicile.

Mais il faut bien aussi avouer que ce montage, même s'il offre de nombreux avantages avec des effets positifs sur la mobilisation thoracique, sur la respiration et la circulation (surtout en gériatrie), ne tient pas toujours compte des exigences biomécaniques de l'épaule. Dès lors, il peut être traumatisant si certaines précautions ne sont pas prises.

Nous savons qu'un des problèmes récurrents lorsqu'on aborde la musculation de l'épaule se situe dans le fait que les fibres verticalisées du deltoïde créent une composante longitudinale très importante lors de l'élévation active du bras, composante induisant une désaxation scapulo-humérale, celle-ci étant responsable à son tour de conflit interarticulaire. Tout comme c'est le cas en mobilisation manuelle, l'état de la scapulo-humérale nous invite à conduire l'élévation du bras selon une trajectoire étudiée. Il faudra donc prendre le temps de l'enseigner au patient.

Fig. 3.111 – L'accrochage postérieur d'une poulie engendre une composante verticale souvent néfaste pour le mouvement en flexion.

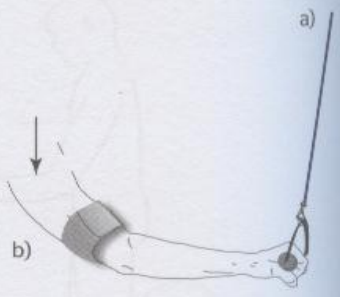


Fig. 3.112 – a) La position antérieure d'une poulie limite l'effet de piston huméral. – b) Un lestage peut aider le dégagement huméral et offrir une progression de musculation en position haute.

En position debout ou assise, le poids du membre supérieur nécessite de la part des élévateurs de l'épaule une contraction intense puisque la Cr provenant du poids du membre est très importante au moment du passage délicat de l'articulation.

Il faudra dès lors éviter en début de rééducation une musculation en élévation du bras placé en position basse. Le patient pourra, grâce au circuit, amener son bras en position haute sans effort musculaire, puis réaliser une contraction active en prenant en charge partiellement ou totalement le poids du membre supérieur. Le circuit perd alors sa fonction de suspension (le circuit se détend).

L'avantage de la position debout est d'assurer une liberté bien plus importante qu'en assis quant à la direction à donner au bras lors de l'élévation.

On pourra enseigner au patient à modifier sa position et à se mouvoir lors du mouvement. Si le passage de l'épaule est délicat, le patient se placera en recul par rapport à la (ou les) poulie(s) afin que le brin s'écarte de la verticale. Le but est de diminuer au maximum la composante verticale (effet de piston) qui décentre la tête humérale vers le haut. Si l'amplitude de l'épaule le permet, le patient peut alors avancer légèrement pour gagner en flexion.

Pour les personnes de grande taille, la cage n'offrira pas suffisamment de hauteur pour permettre une élévation complète du membre. L'exercice peut alors être pratiqué en position assise si les conditions biomécaniques sont favorables. L'exercice en position debout peut aussi être réalisé si l'on dispose d'un espalier. On peut aussi prévoir un accrochage du circuit à un anneau fixé en hauteur au niveau d'un mur disponible.

Comparons à présent les caractéristiques de quelques montages en va-et vient de flexion-extension de l'épaule.

EXEMPLE 2 : FLEXION-EXTENSION DE L'ÉPAULE EN COUCHÉ DORSAL

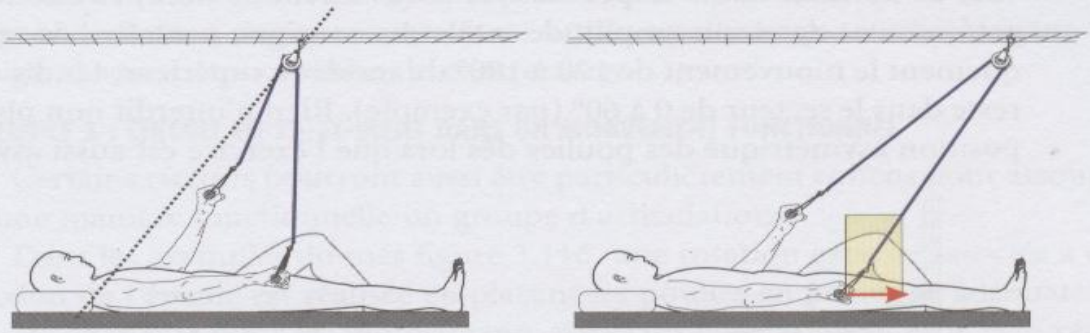


Fig. 3.113 – Circuit en va-et-vient limité à un secteur restreint de l'amplitude articulaire.

À gauche de la figure 3.113, la poulie est suspendue de manière à ce que le brin soit perpendiculaire lorsque le membre supérieur est en position basse.

En pointillé, l'axe reliant l'épaule et la poulie représente l'inclinaison maximale que le circuit permet en flexion de l'épaule (en suspension). Dans cette position, le brin est dans l'axe du membre, il ne produit plus aucune Cr, la totalité de la tension est convertie en Cl (effet de traction). Le mouvement peut être éventuellement poursuivi de manière active, mais le circuit perd à ce moment sa fonction de va-et-vient, et se transforme alors en un exercice de stabilisation de l'épaule (petits mouvements de circumduction) autour de la position de 90° (comme décrit précédemment page 60).

Bref, ce montage pourra être surtout utilisé quand, intentionnellement, une mobilisation de 0 à 30° de flexion sera recherchée (chiffre approximatif puisque la distance sujet/plafonnier est de nature à changer l'angle de l'inclinaison maximal lors du mouvement).

À droite de la figure 3.113, la poulie est placée distalement. Le rectangle de décomposition des forces montre qu'en position horizontale, le membre supérieur bénéficie d'une Cl dont l'effet se répercutera en sollicitation décoaptante au niveau de l'épaule.

Avec cet exemple apparaît l'importance de l'installation ainsi que des consignes données au patient. En effet, la décoaptation peut être intéressante, mais elle ne sera effective que si le sujet parvient à obtenir une relaxation parfaite du membre supérieur. Celui-ci doit peser de tout son poids avec une bonne vérification de la détente musculaire avant d'entamer la mobilisation passive (réalisée par l'abaissement du côté controlatéral). Pour ce faire, un soutien de la suspension au niveau du poignet sera de nature à diminuer la contraction des fléchisseurs du poignet.

Le montage illustré figure 3.114 montre un va-et-vient réalisant une amplitude très importante du membre supérieur. Nous remarquerons, qu'au contraire du montage précédent, les Cl sont ici coaptantes de 0 à 90° de flexion.

C'est donc un circuit qui conviendra pour des épaules déjà en très bonne voie de normalisation. Cependant, le mouvement ne doit pas être réalisé obligatoirement dans son amplitude totale. La consigne peut être de réaliser uniquement le mouvement de 120 à 180° du membre supérieur, tandis que l'autre reste dans le secteur de 0 à 60° (par exemple). Rien n'interdit non plus une disposition asymétrique des poulies dès lors que l'exercice est aussi asymétrique.

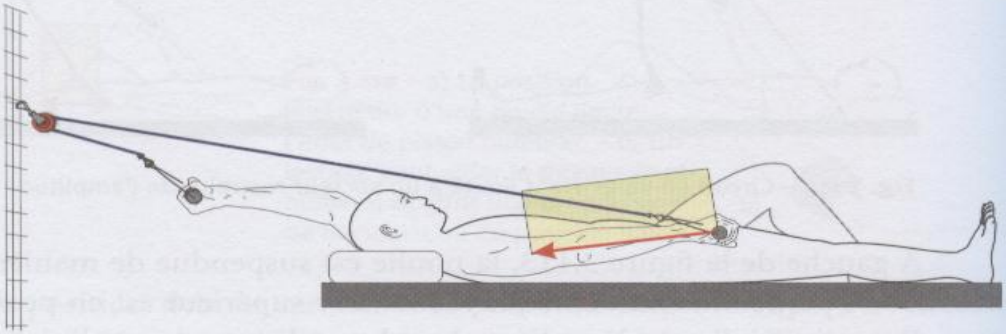


Fig. 3.114 – Circuit permettant la mobilisation du membre supérieur en amplitude complète.

Dans la configuration montrée figure 3.115, le brin est davantage perpendiculaire par rapport au membre en flexion quasi complète, ce qui rend la tension très efficace (Cr proche de 1) dans son rôle de traction en flexion de l'épaule.

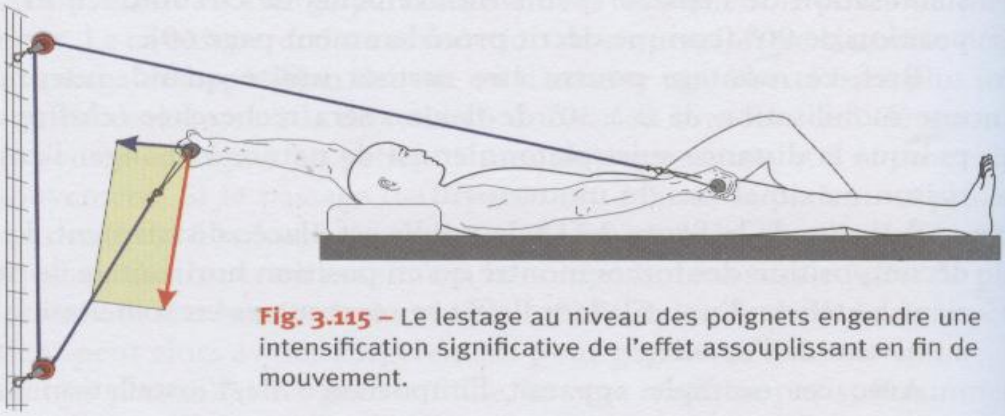
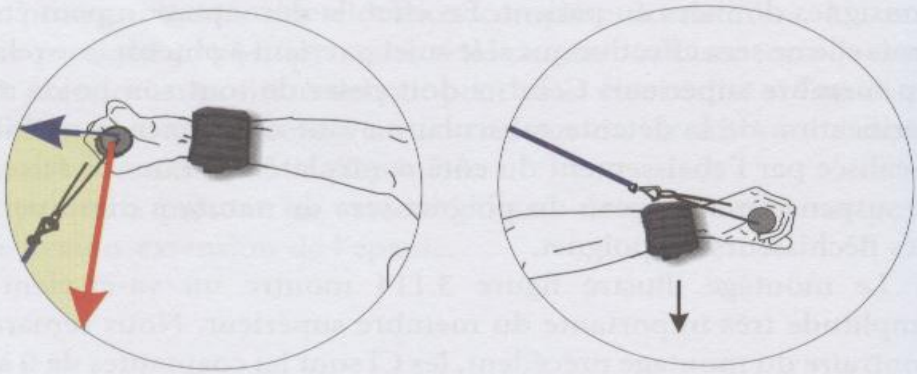


Fig. 3.115 – Le lestage au niveau des poignets engendre une intensification significative de l'effet assouplissant en fin de mouvement.



Dans le montage précédent (*cf.* figure 3.114), le brin, pratiquement dans l'axe du membre, provoque une très faible action fléchissante lors des derniers degrés de flexion, mais une très forte action tractante que les fléchisseurs des doigts devront être capables de contrecarrer.

EXEMPLE 3 : CIRCUIT EN VA-ET-VIENT DANS UN MOUVEMENT FONCTIONNEL

Certains circuits pourront aussi être particulièrement conçus pour assouplir d'une manière fonctionnelle un groupe d'articulations.

Dans les exemples donnés figure 3.116, une rotation externe associée à une flexion de l'épaule est réalisée en plaçant les poulies en positions adéquates. Il en est de même pour les mouvements associant la rotation interne et la rétropulsion de l'épaule. Dans les deux cas, il s'agit d'un mouvement nécessitant la mise de la main vers l'arrière du tronc du patient. Selon l'obliquité du brin, l'accent sera mis davantage sur le mouvement de flexion, de rétropulsion, ou des rotations de l'épaule.

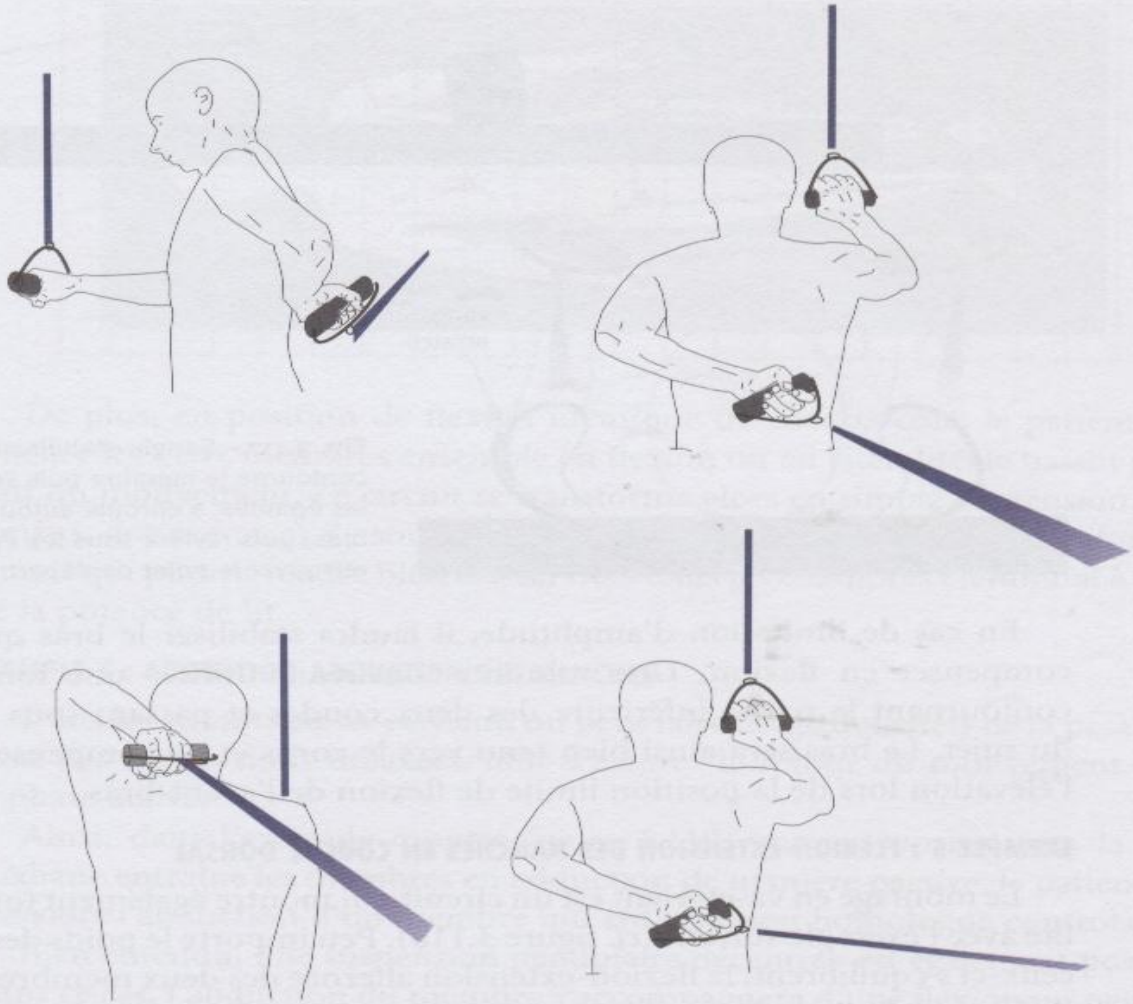
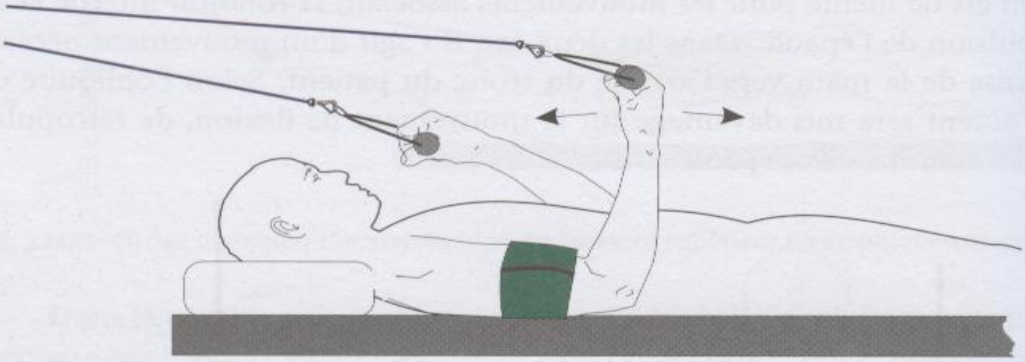


Fig. 3.116 – Rotation interne fonctionnelle.

EXEMPLE 4 : FLEXION-EXTENSION DU COUDE EN COUCHÉ DORSAL

Dans ce montage en va-et-vient en flexion-extension de l'avant-bras, les mêmes considérations interviennent. Selon le secteur de mouvement que l'on recherchera, on placera les poulies de la manière la plus adéquate possible. Si la rééducation est à son début, avec une faible récupération en flexion, on placera les poulies à l'aplomb de l'avant-bras, afin que le brin soit perpendiculaire à l'avant-bras. Au fur et à mesure de la progression, les poulies pourront être reculées. Si le but est purement mobilisant et circulatoire avec un coude n'ayant pas de limitation articulaire, on placera les poulies à l'arrière du patient.



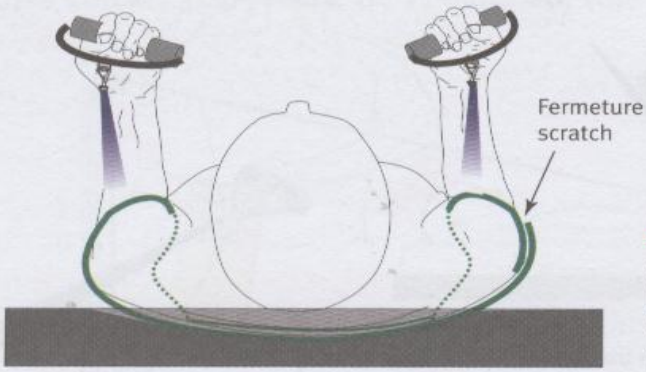


Fig. 3.117 – Sangle stabilisant le bras. Elle contourne le membre puis se place sous les épaules, s'enroule autour de l'autre bras, puis revient sous les épaules pour retrouver le point de départ.

En cas de limitation d'amplitude, il faudra stabiliser le bras qui tendra à compenser en flexion. Une solution consiste à utiliser une longue bande contournant la partie inférieure des deux coudes et passant sous les épaules du sujet. Le bras sera ainsi bien tenu vers le corps et ne compensera pas vers l'élévation lors de la position limite de flexion de l'avant-bras.

EXEMPLE 5 : FLEXION-EXTENSION DES HANCHES EN COUCHÉ DORSAL

Le montage en va-et-vient est un circuit qui montre également toute son utilité avec l'exemple suivant (*cf.* figure 3.118). Peu importe le poids des membres, ceux-ci s'équilibrent, la flexion-extension alternée des deux membres inférieurs se fait très facilement.

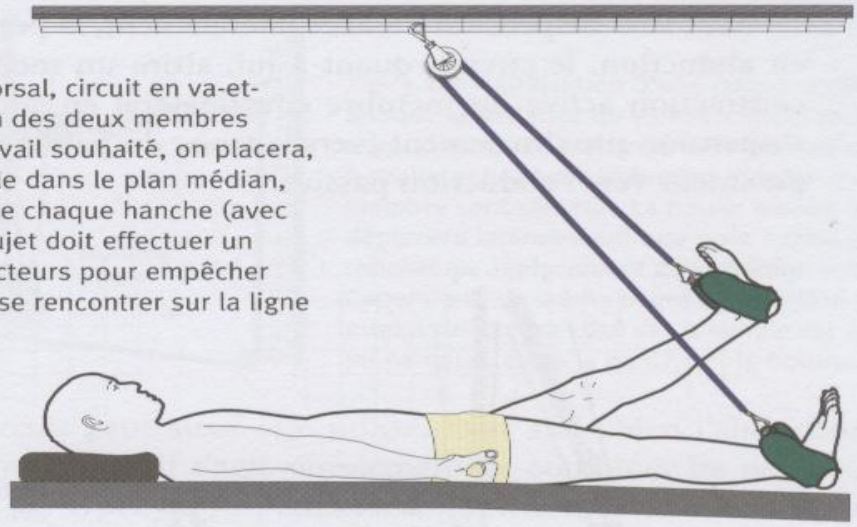
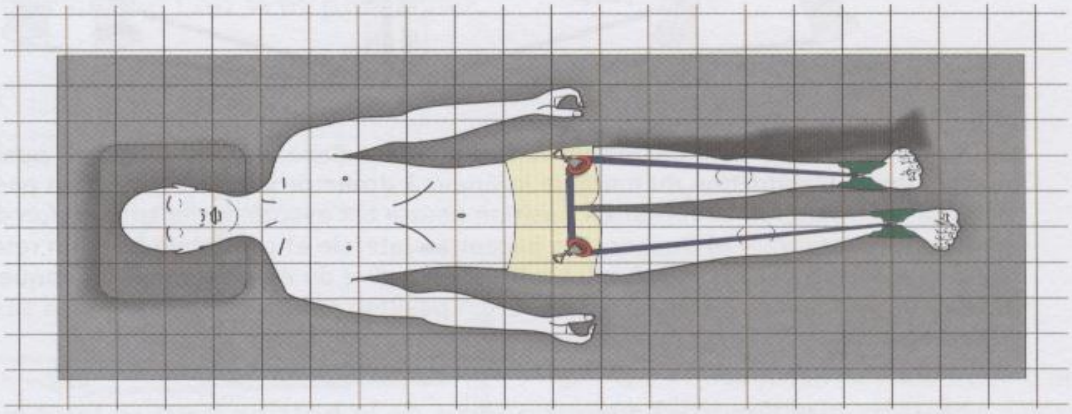


Fig. 3.118 – Couché dorsal, circuit en va-et-vient flexion-extension des deux membres inférieurs. Selon le travail souhaité, on placera, soit une poulie centrale dans le plan médian, soit deux à l'aplomb de chaque hanche (avec une seule poulie, le sujet doit effectuer un léger travail des abducteurs pour empêcher les deux membres de se rencontrer sur la ligne médiane).



De plus, en position de flexion identique de chaque côté, le patient peut amener les deux membres ensemble en flexion ou en latéralité, le bassin profitant du mouvement. Le circuit se transforme alors en simple suspension. Également, des exercices de soulèvement du bassin sont possibles. C'est donc un circuit qui pourra rendre bien des services dans les chambres en hôpital à l'aide de la potence de lit.

EXEMPLE 6 : ABDUCTION-ADDUCTION DES HANCHES

Dans les circuits en va-et-vient, on peut faire usage des effets de la pesanteur issus des suspensions désaxées, afin d'assurer le retour du mouvement après la phase active.

Ainsi, dans l'exemple montré figure 3.119, une suspension vers la ligne médiane entraîne les membres en adduction de manière passive, le patient réalise alors l'abduction d'un membre qui entraîne son homologue controlatéral.

Bien entendu, une suspension pendulaire décentrée est également possible. Dans ce cas, l'abduction du membre s'accompagnera d'une flexion un peu plus importante.

Avec une suspension désaxée latéralement, la pesanteur attire les membres en abduction, le circuit, quant à lui, attire un membre en adduction par la contraction active du membre controlatéral en adduction. En décentrant la suspension proximalement (vers le tronc du patient), on accentue l'effet de la pesanteur vers l'abduction passive.

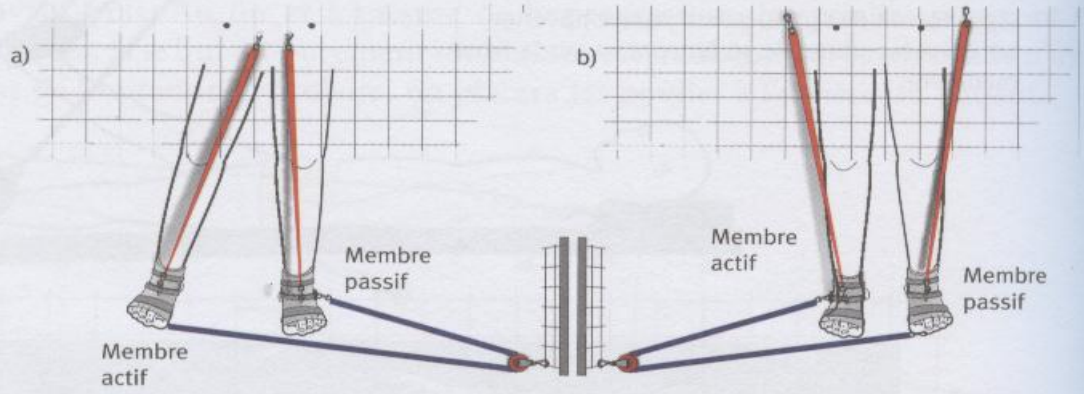


Fig. 3.119 – a) Suspension décentrée vers la ligne médiane pour un retour en position centrale des membres. L'abduction du membre inférieur à droite provoque l'abduction passive du membre controlatéral. Le retour en position neutre est assuré par la suspension désaxée médiale (pesanteur). – b) Suspension décentrée latérale et proximale pour un retour en position d'abduction des membres. L'adduction active du membre droit provoque l'adduction passive de l'homologue gauche. Le retour en position neutre est assuré par la suspension désaxée.

Notons que l'accrochage au niveau de la bottine peut se faire sur le côté ou à l'arrière. Une fixation sur les côtés demande cependant de rendre le circuit un peu plus oblique afin que le circuit ne soit pas gêné par les pieds. Si on est tenu par l'espace, on peut aussi faire passer le circuit perpendiculairement, le circuit passant en dessous du membre inférieur. On accordera une légère inclinaison du membre pour permettre le passage sans frottement du circuit.

Il sera aussi possible d'utiliser favorablement, tant au niveau de la suspension que du circuit, un accrochage décentré par rapport à la bottine si on veut corriger une position vicieuse en rotation du membre.

Lorsqu'une affection justifie une fixation en amont du genou, une sangle munie d'une poulie mobile peut être utilisée pour compenser l'asymétrie du circuit (l'arc de cercle est différent au niveau de la bottine et de la sangle à la cuisse). Si celle-ci est placée à mi-longueur de l'axe bottine-hanche, l'abduction sera symétrique. Si la fixation se situe entre cette mi-distance et la bottine, on pourra placer les brins en V afin de diminuer le facteur 2 sur la longueur prise au circuit qu'occasionne la poulie mobile.

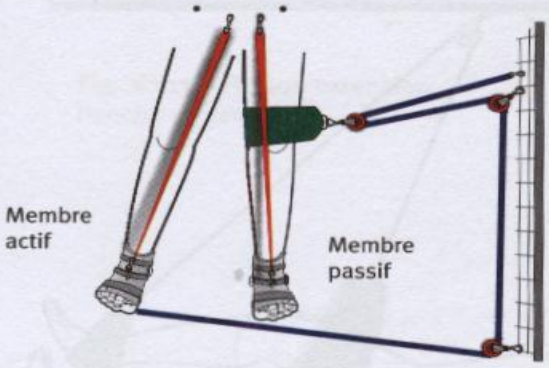


Fig. 3.120 – Utilisation d'une poulie mobile lorsque la distance du va-et-vient est d'un rapport ½. L'abduction du membre inférieur à droite provoque l'abduction passive du membre controlatéral. La poulie mobile ne se déplacera latéralement que pour moitié par rapport au déplacement de la bottine active. Cependant, un même degré d'abduction sera atteint de chaque côté car la sangle est à mi-parcours entre la hanche et la bottine.

Un double circuit peut aussi être utilisé, liant aussi bien l'abduction que l'adduction des membres. Il s'agit simplement de combiner les deux circuits précédents. Tous les types de suspensions sont envisageables, ceci dépendant du travail que l'on veut privilégier.

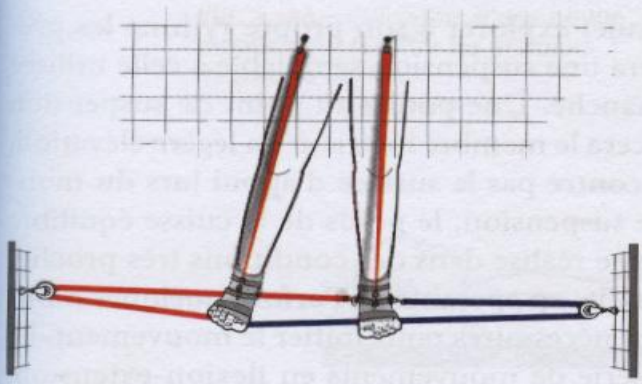


Fig. 3.121 – L'abduction ou l'adduction d'un membre inférieur provoque le même mouvement controlatéral.

EXEMPLE 7 : FLEXION-EXTENSION HANCHE ET GENOU

Un circuit en va-et-vient ne concerne pas nécessairement un membre et son homologue controlatéral. Ainsi, on peut réaliser des circuits dont le poids de l'avant-bras mobilise la main, celui du bras, l'avant-bras, celui de la jambe, la cuisse. La figure 3.122 illustre un montage dans le but de mobiliser les premiers degrés de flexion du genou. C'est un circuit très simple permettant de débuter la rééducation après une opération au genou. Les conditions de prise en charge par la sangle créent un sentiment de confiance pour le patient (ce qui n'est pas toujours le cas avec des techniques purement manuelles où une réelle crainte peut survenir par rapport aux manipulations du praticien).

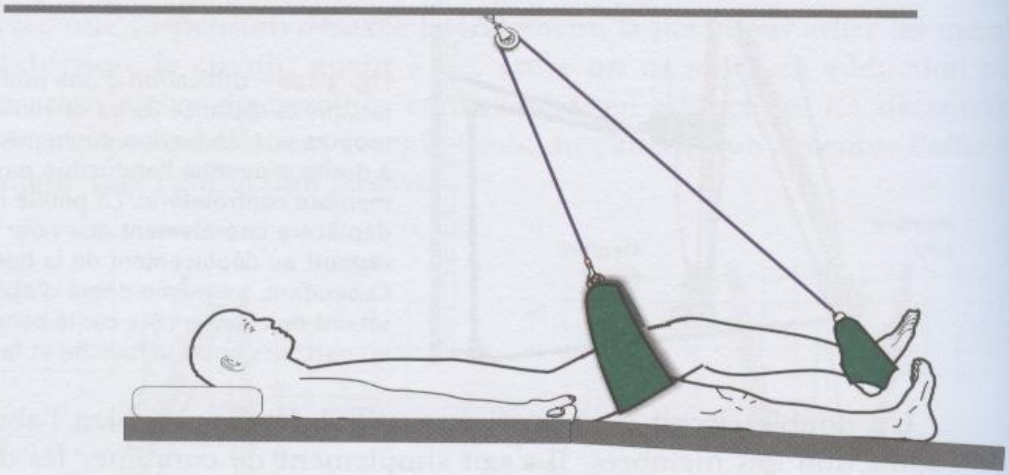


Fig. 3.122 – La position de la poulie, plus ou moins réglée vers l'arrière, sollicitera différemment le genou en flexion.

Mieux vaut au début laisser le sujet explorer à son propre rythme les premiers degrés de flexion. On installera une suspension semblable à celle utilisée lors de la suspension axiale de la hanche. Une poulie au point de suspension prendra en charge le circuit. On placera le membre inférieur en légère élévation, de manière à ce que le pied ne rencontre pas la surface d'appui lors du mouvement de flexion. Avec ce type de suspension, le poids de la cuisse équilibre celui de la jambe, et la mobilisation se réalise dans des conditions très proches de celles atteintes lors des montages dits en apesanteur. Parfois, quelques mouvements assistés par le praticien sont nécessaires pour initier le mouvement. Le patient, par la suite, réalisera une série de mouvements en flexion-extension, en cherchant à augmenter raisonnablement l'amplitude au fur et à mesure. Un lestage au niveau de la cheville peut faciliter le relèvement de la cuisse (donc la flexion du genou) par l'intermédiaire de la poulie qui transmet la tension dans tout le circuit.

Avec une table de rééducation, on préférera, pour commencer, le montage à l'aide de deux poulies, plus doux (*cf.* figure 3.123).

Si la flexion de la cuisse est difficile pour certains patients, on pourra accrocher une poulie mobile au niveau de la sangle placée à la cuisse, le poids de la jambe (éventuellement lestée à la cheville) provoquera ainsi plus facilement la flexion du genou. L'installation sera facilement transposable, à l'aide d'une potence, en chambre d'hôpital (*cf.* figure 3.124).

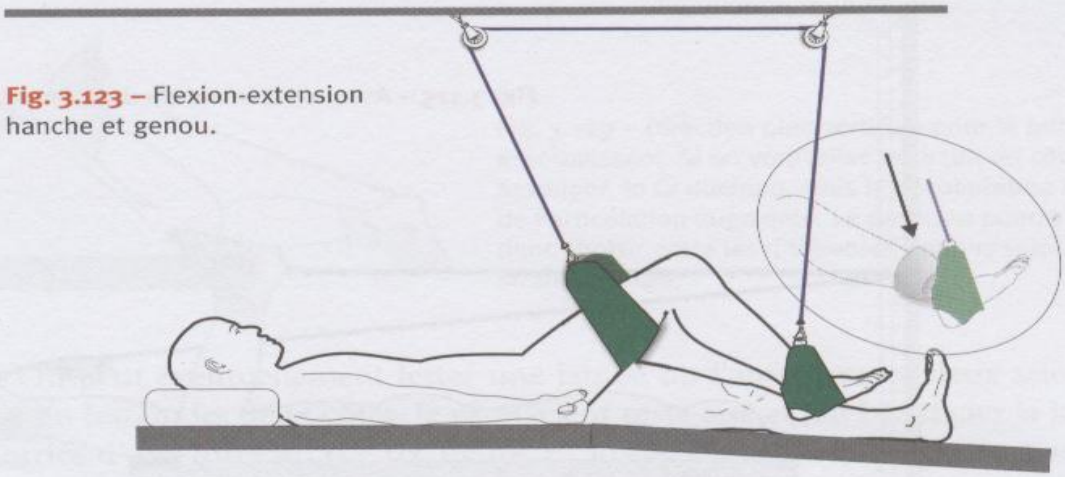


Fig. 3.123 – Flexion-extension hanche et genou.

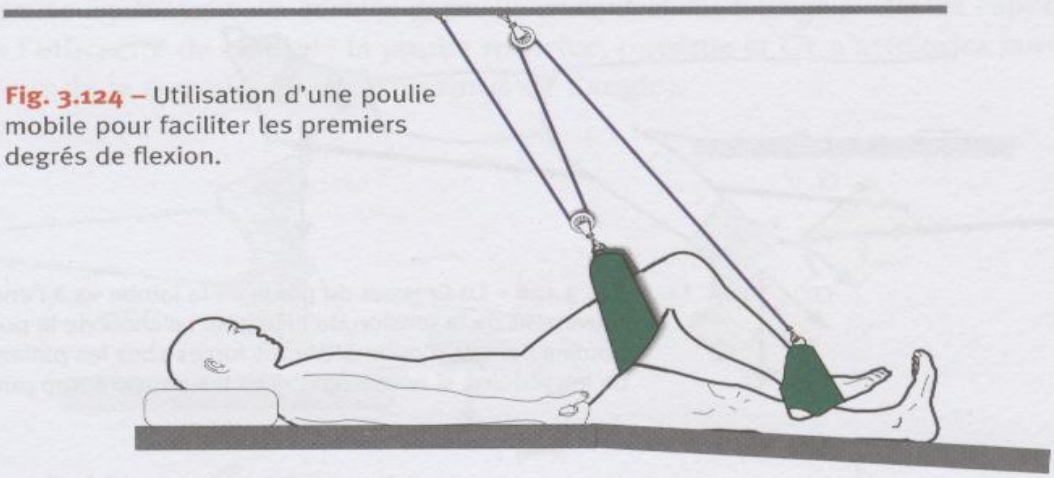


Fig. 3.124 – Utilisation d'une poulie mobile pour faciliter les premiers degrés de flexion.

EXEMPLE 8 : ASSOUPLISSEMENT DU GENOU ET DU DROIT ANTÉRIEUR

Un circuit en va-et-vient peut aussi être utilisé pour l'assouplissement du droit antérieur en couché dorsal ou en couché facial.

Néanmoins, le couché facial fait bénéficier des effets de la pesanteur en fin de mouvement. En effet, la pesanteur sera alors motrice du mouvement, alors qu'en couché dorsal, elle opposera une résistance.

Les poulies sont disposées dans le plan parasagittal respectif à celui de la jambe correspondante. Le réglage en hauteur des poulies a son importance, puisqu'il déterminera l'angle que formeront les brins en position d'assouplissement. Autrement dit, placer la poulie de telle façon qu'en position limite de flexion le brin soit perpendiculaire au membre permettra de transmettre la totalité (Cr maximale) de la tension du circuit en sollicitation assouplissante.

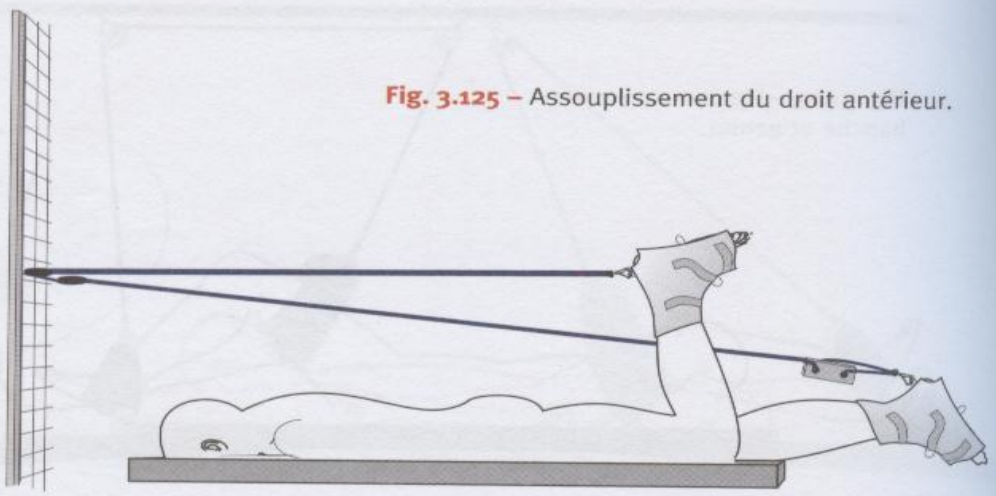


Fig. 3.125 – Assouplissement du droit antérieur.

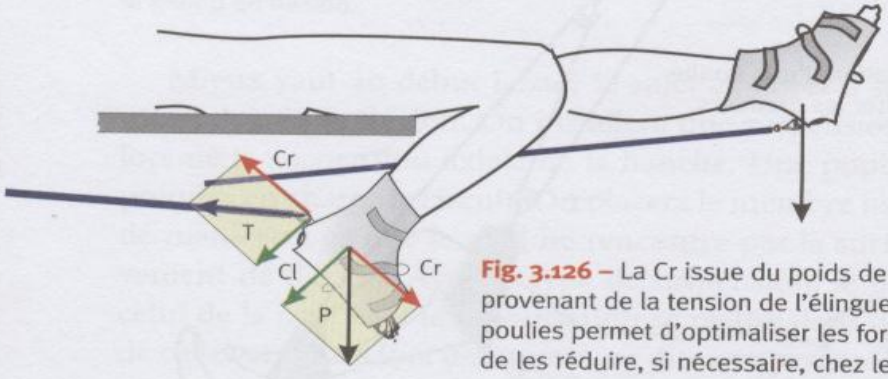


Fig. 3.126 – La Cr issue du poids de la jambe va à l'encontre de celle provenant de la tension de l'élingue. Le choix de la position des poulies permet d'optimaliser les forces chez les patients faibles, et de les réduire, si nécessaire, chez les patients trop puissants.

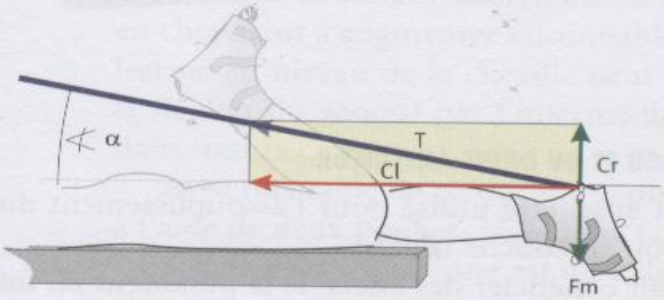


Fig. 3.127 – La tension T (celle qui sera transmise au circuit assouplissant) vaut : Cr/sin a où Cr = Fm. En ce qui concerne la direction du circuit à privilégier du côté de la jambe motrice, il faut se rappeler que plus réduit sera son angle, plus importante sera la tension générée dans le brin en fin d'extension, la contrepartie étant un mouvement du circuit de plus en plus réduit par degré supplémentaire effectué.

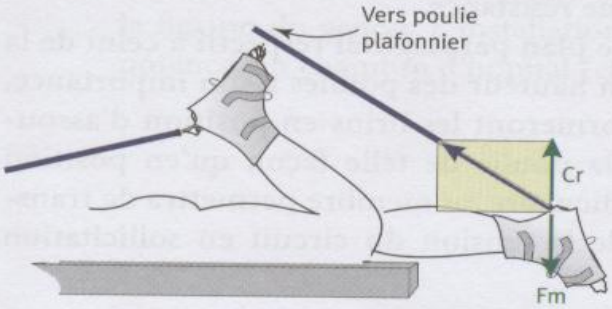


Fig. 3.128 – Direction plus verticale pour le brin moteur. En verticalisant le brin du côté de la jambe motrice, la tension du circuit sera diminuée. Le sujet devra donc augmenter tous les vecteurs (dont celui de sa Fm) pour obtenir un résultat identique à la figure précédente.

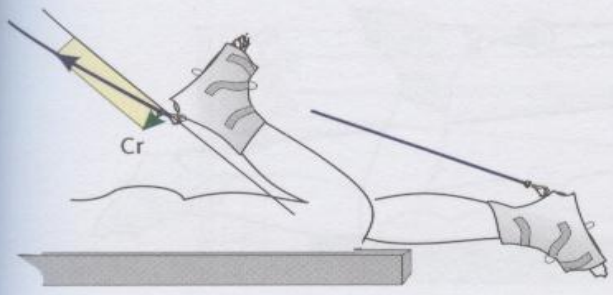


Fig. 3.129 – Direction plus verticale pour le brin assouplissant. Si on verticalise le circuit du côté à assouplir, la Cr diminue, mais la décoaptation (Cl) de l'articulation augmente. Le praticien pourra donc choisir entre les différentes options selon la stratégie visée.

On peut éventuellement lester une jambe ou l'autre, ou les deux selon les cas. En lestant les deux côtés, le va-et-vient reste aisé et fait bénéficier la jambe motrice d'une force accrue (*cf.* figure 3.130). Si l'amplitude du genou à assouplir (ou du droit antérieur correspondant) dépasse les 90°, un lestage de ce côté apporte également un certain gain. Le potentiel du lestage n'atteint cependant pas l'efficacité de celui de la jambe motrice, puisque la Cr n'atteindra jamais la valeur de la tension du circuit (sinus de l'angle).

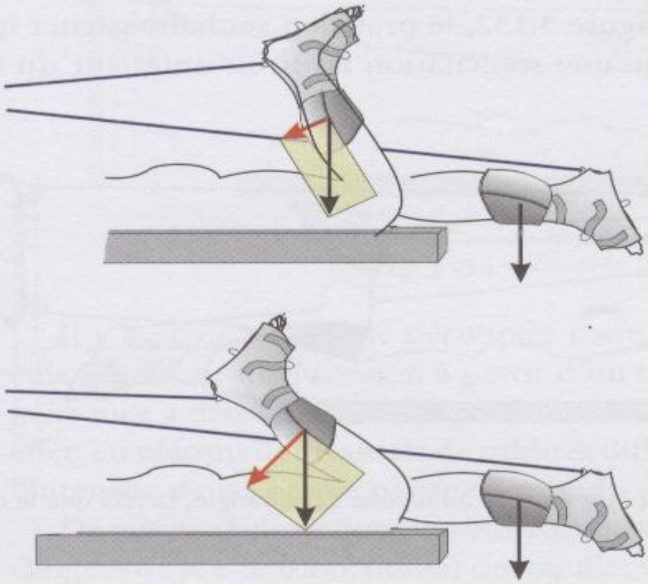


Fig. 3.130 – L'efficacité du lestage (*cf.* Cr) (comme celui du poids de la jambe) augmente avec la flexion du genou.

Le réglage de la longueur du circuit détermine également la sollicitation en flexion. Éventuellement, le circuit pourra être raccourci progressivement et régulièrement au cours de la séance. On peut aussi utiliser un ressort sur le trajet du circuit afin de donner plus de souplesse à l'effort.

EXEMPLE 9 : UTILISATION D'UNE POULIE MOBILE POUR MAJORER LA FORCE ASSOUPLISSANTE

Si l'on choisit de placer une poulie mobile pour doubler la sollicitation assouplissante, le mouvement en va-et-vient ne pourra cependant plus concerner une amplitude totale en flexion-extension.

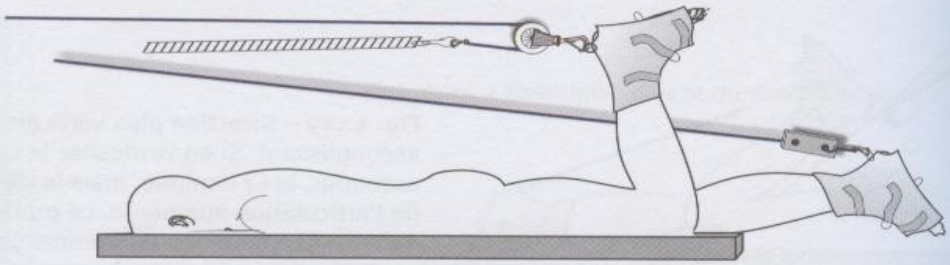


Fig. 3.131 – Circuit asymétrique.

Dans ce cas, le circuit perd son caractère axé sur le mouvement en va-et-vient d'une amplitude importante, pour se concentrer vers une zone de mouvement plus restreinte, par exemple d'assouplissement des derniers degrés de flexion. On peut aussi, par le biais d'une extension du circuit, associer une autre sollicitation.

EXEMPLE 10 : DIVISION DU CIRCUIT ASSOCIANT ASSOUPLISSEMENT ET RECENTRAGE ARTICULAIRE

Dans l'exemple montré figure 3.132, le praticien souhaite gagner quelques degrés en flexion pendant qu'une sollicitation en tiroir antérieur du tibia est opérée.

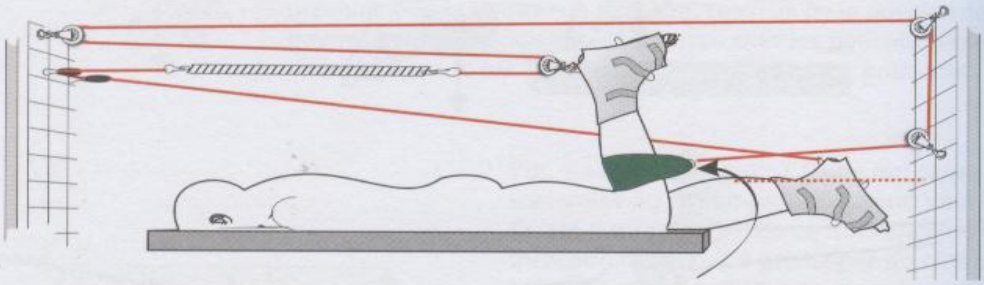


Fig. 3.132 – Une poulie mobile peut être ajoutée au niveau de la sangle, tandis que le circuit se termine au niveau de la cage à droite.

Si l'on veut, au contraire, répartir de manière plus avantageuse la tension du circuit vers la sollicitation en tiroir antérieur du tibia, on pourra construire le montage comme décrit figure 3.133. Ce type de montage montre qu'il faut parfois prévoir des longueurs assez importantes, au risque de devoir joindre deux élingues pour assurer la réalisation d'un circuit.

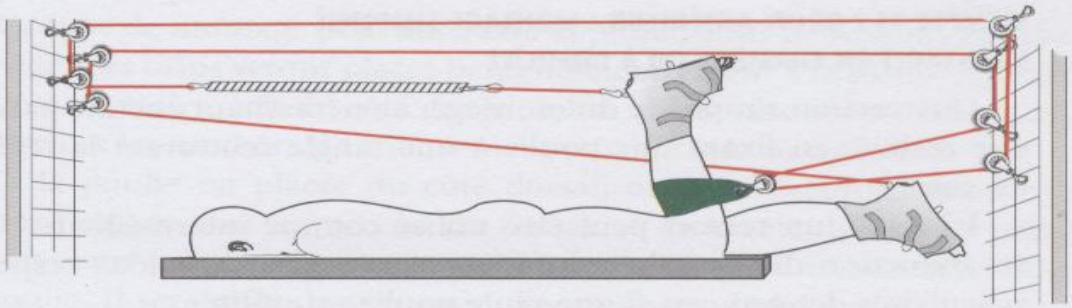


Fig. 3.133 – Sollicitation en tiroir antérieur du tibia.

Dans les longs circuits, on peut parfois se tirer d'affaire en couplant deux circuits placés en série. Dans l'exemple de la figure 3.134, on réalise cela en changeant la position du ressort dans le circuit, ce qui ne modifie en rien les caractéristiques de tension dans le montage.

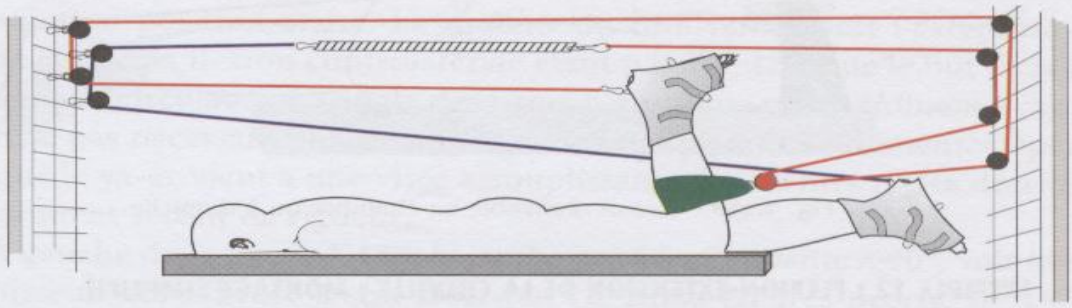


Fig. 3.134 – Variante de l'installation.

Il y a aussi moyen de découpler complètement les deux fonctions du circuit, en créant une division à partir d'un tronc commun, division qui donnera naissance à deux parties indépendantes en ce qui concerne la tension créée. En effet, en plaçant des ressorts de calibres différents, on choisira assez précisément l'intensité dans chaque partie du circuit.

De même, comme nous l'avons vu pour d'autres circuits, on peut adjoindre des élingues de pré-tension, utiliser des poulies mobiles en plaçant les brins divergents, de manière à atteindre le plus précisément les paramètres que l'on s'est fixés.

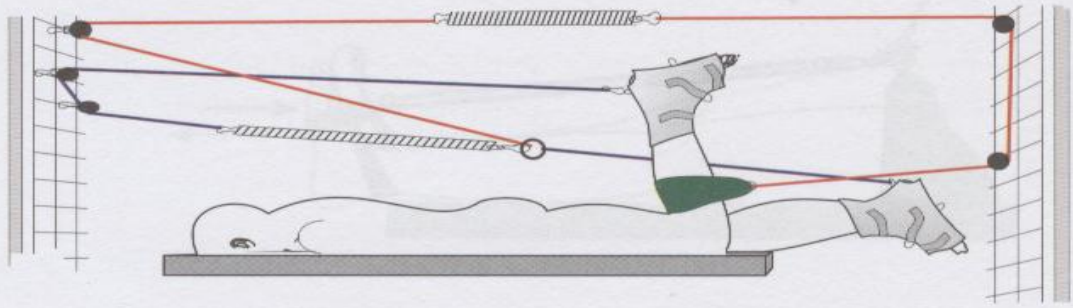


Fig. 3.135 – Désolidarisation des circuits.

EXEMPLE 11 : DROIT ANTÉRIEUR : MONTAGE SIMPLIFIÉ RÉALISABLE EN CHAMBRE OU À DOMICILE

Une version simplifiée du montage, ne nécessitant aucune paroi, peut aussi être réalisée en fixant une poulie à une sangle ceinturant la région lombaire du sujet.

Ici aussi, un ressort peut être utilisé comme intermédiaire. Une position en abduction des membres inférieurs permettra de mieux respecter les axes articulaires des genoux, si une seule poulie est utilisée.

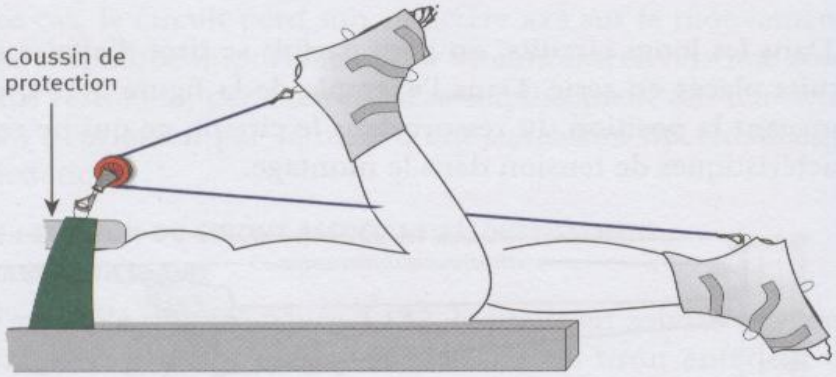


Fig. 3.136 – Circuit réalisable en chambre ou à domicile.

EXEMPLE 12 : FLEXION-EXTENSION DE LA CHEVILLE : MONTAGE SIMPLIFIÉ RÉALISABLE EN CHAMBRE OU À DOMICILE

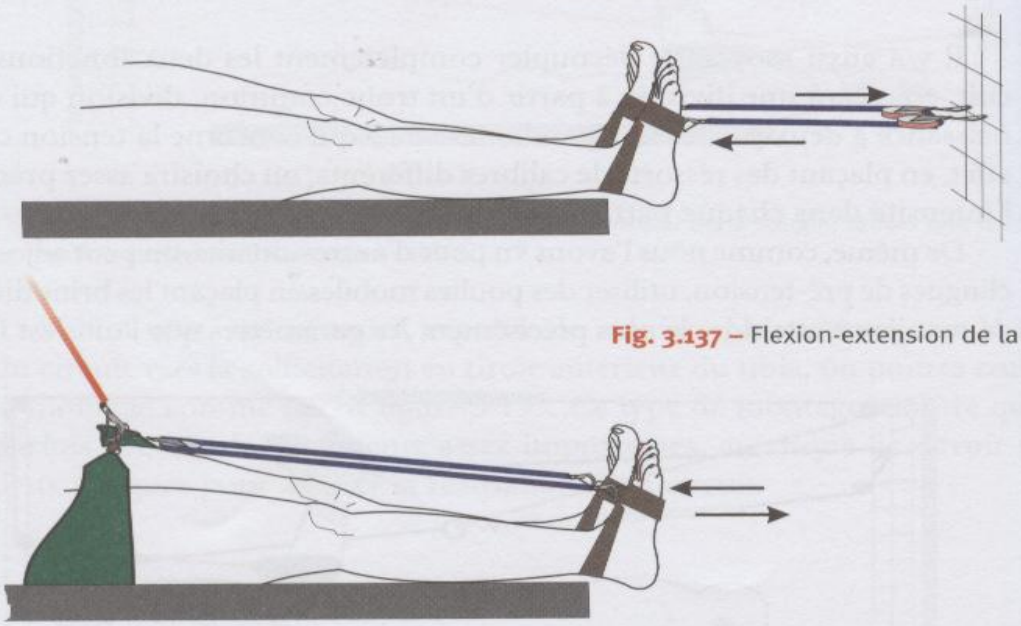


Fig. 3.137 – Flexion-extension de la cheville.

Ce type de montage peut aussi être appliqué pour la flexion-extension de la cheville. Les brins seront placés perpendiculairement à la plante des pieds, soit du côté plantaire, soit du côté dorsal, selon que ce seront les fléchisseurs ou les extenseurs les moteurs du mouvement passif, côté controlatéral.

Si la poulie est placée du côté dorsal, on peut éventuellement – afin de garder l'espace libre au niveau du thorax et de la tête du sujet – installer un circuit court grâce à une sangle ceinturant le bassin, donnant ainsi insertion à la poulie. Il sera utile de suspendre l'accrochage de la poulie par une élingue dirigée vers l'arrière (pour s'opposer à la tendance à la glissade vers l'avant de la sangle) au plafonnier ou vers la potence ou tout autre dispositif en chambre.

Un petit coussin sous les genoux sera placé si l'on ne veut pas être limité par les jumeaux dans l'amplitude articulaire.

EXEMPLE 13 : FLEXION-EXTENSION DU GENOU EN POSITION ASSISE

Les figures ci-après montrent l'installation d'un circuit en va-et-vient chez un sujet en position assise. Le moteur du mouvement est l'extension active d'une jambe, la flexion controlatérale étant passive. Lorsque le but de la mobilisation est circulatoire, l'angle des brins n'aura que peu d'influence car on ne cherche pas nécessairement l'amplitude complète du mouvement. Cependant, lorsque le va-et-vient a une visée assouplissante, les mêmes règles décrites précédemment seront de rigueur.

À gauche de la figure 3.138, la jambe passive, pendante à 90°, voit le circuit fléchisseur très efficace à son insertion (le sinus est très proche de 1). Selon l'amplitude que permet le genou en flexion, on placera la poulie de manière à ce que l'angle du circuit soit proche de la perpendiculaire par rapport à l'axe de la jambe. À droite, un exemple où la position trop basse de la poulie conviendrait pour un genou ne dépassant pas les 60° mais deviendrait inefficace pour une amplitude plus importante.

On peut éventuellement choisir une disposition asymétrique des poulies si l'exercice lui-même est asymétrique (lorsqu'on cherche à assouplir particulièrement un côté).

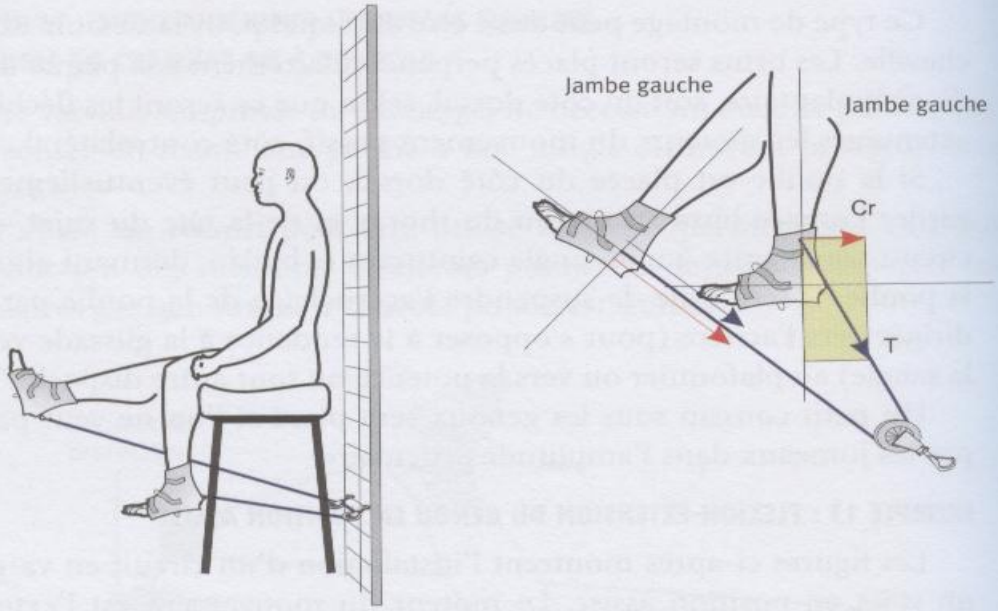


Fig. 3.138 – Pour un genou limité à 60° de flexion, la position de la poulie est ici optimale (angle circuit = 90°, sin 90° = 1). Le même circuit perd de plus en plus d'efficacité au-delà de 60°. Le circuit est alors mal réglé.

La figure 3.139 illustre un montage où ce sont les fléchisseurs qui effectuent une extension passive controlatérale.

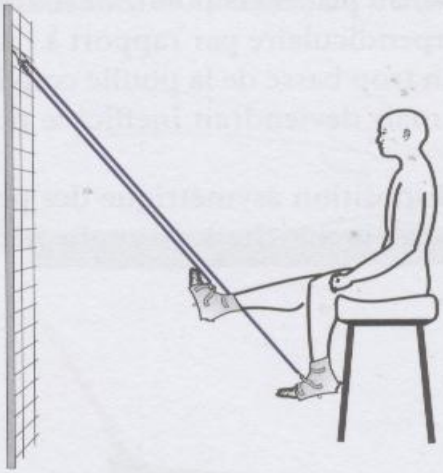


Fig. 3.139 – Flexion active, extension passive.

Remarquons que, dans cet exemple, les brins oscillent quasiment de manière identique, mais en sens inverse, autour de 90° par rapport à l'axe de la jambe.

À 45° de flexion, les brins forment tous les deux un angle de 90° par rapport à l'axe des jambes.

Les Cr sont donc très semblables, tandis que les Cl oscillent entre une valeur négative à l'horizontale, et une valeur positive à la verticale, et ceci alternativement pour les deux jambes.

Si un assouplissement est recherché, on veillera à sangler les cuisses au tabouret afin d'éviter les compensations. Et, dans ce cas, une installation avec les brins disposés plus verticalement sera plus efficace.

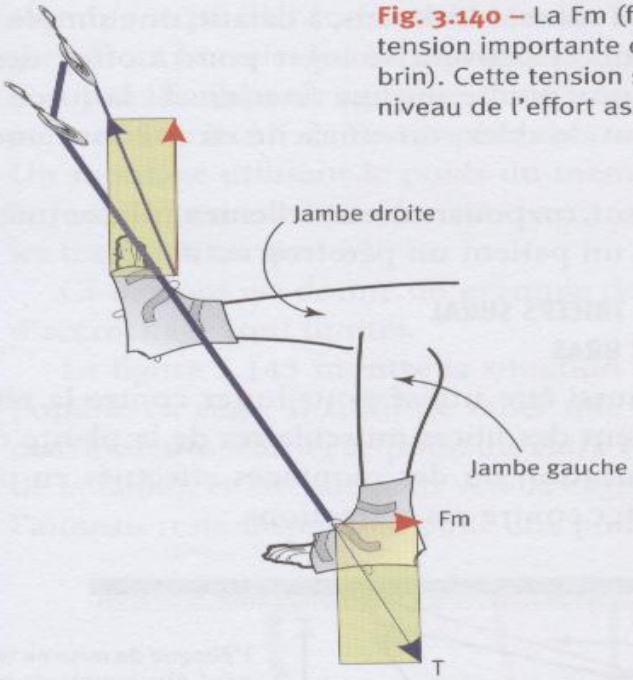


Fig. 3.140 – La Fm (force motrice de la jambe gauche) induit une tension importante dans le circuit (à cause de l'inclinaison du brin). Cette tension se convertit presque entièrement en Cr au niveau de l'effort assouplissant au niveau de la jambe droite.

Les circuits que nous avons décrits jusqu'à présent utilisent le poids d'un membre pour équilibrer l'homologue controlatéral, peu de puissance musculaire est nécessaire dès lors pour réaliser le mouvement. C'est pour cette raison que ces montages sont fréquemment pratiqués avec une visée mobilisante et circulatoire.

Cependant, lorsque l'intention est d'assouplir un secteur de mobilité plus précis, il sera généralement opportun de créer des circuits où le patient peut, par l'intermédiaire d'un membre supérieur, provoquer une sollicitation assouplissante avec une visibilité améliorée.

EXEMPLE 14 : ASSOUPLISSEMENT DU GENOU EN UTILISANT LA FORCE MOTRICE DU BRAS

Fig. 3.141 – Assouplissement ajusté par la force du membre supérieur.

La figure 3.141 nous montre un circuit de ce type. Un brin est accroché à une bottine, contourne une poulie fixée dans le bas d'une paroi de la cage, puis remonte vers le plafonnier, et enfin retourne vers le patient par l'intermédiaire d'une poignée, lui permettant de solliciter en flexion sa jambe. L'idéal est d'utiliser un ressort dans le circuit, ainsi, la tension sera parfaitement progressive, allant de 0 vers la tension que l'on s'est fixée. On retrouve ici cet avantage indéniable qu'offre une résistance souple, à savoir une progression optimale de la traction mobilisante. Il faudra tenter de trouver la direction qui permettra une tension efficace en fin de course de la flexion. À cet effet, lorsque l'angle de flexion de la jambe est encore

faible, un point d'accrochage au sol est idéal mais, à défaut, une simple planche dans laquelle les pieds du tabouret peuvent se loger pourra offrir des points de fixation (*cf.* annexe) pour une poulie ou une fixation. Si la force du bras n'est pas très puissante, on peut doubler son efficacité en utilisant une poulie mobile à la cheville.

Quant au circuit assouplissant, on pourra éventuellement placer une élingue de limitation si l'on a affaire à un patient un peu trop actif.

EXEMPLE 15 : ASSOUPLISSEMENT DU TRICEPS SURAL EN UTILISANT LA FORCE MOTRICE DU BRAS

Ce type de montage peut aussi être utilisé pour lutter contre la rétraction du mollet ou le raccourcissement des fibres musculaires de la plante du pied. Des exercices en salle de rééducation ou des montages effectués en chambre pourront être répétés pour lutter contre ces rétractions.

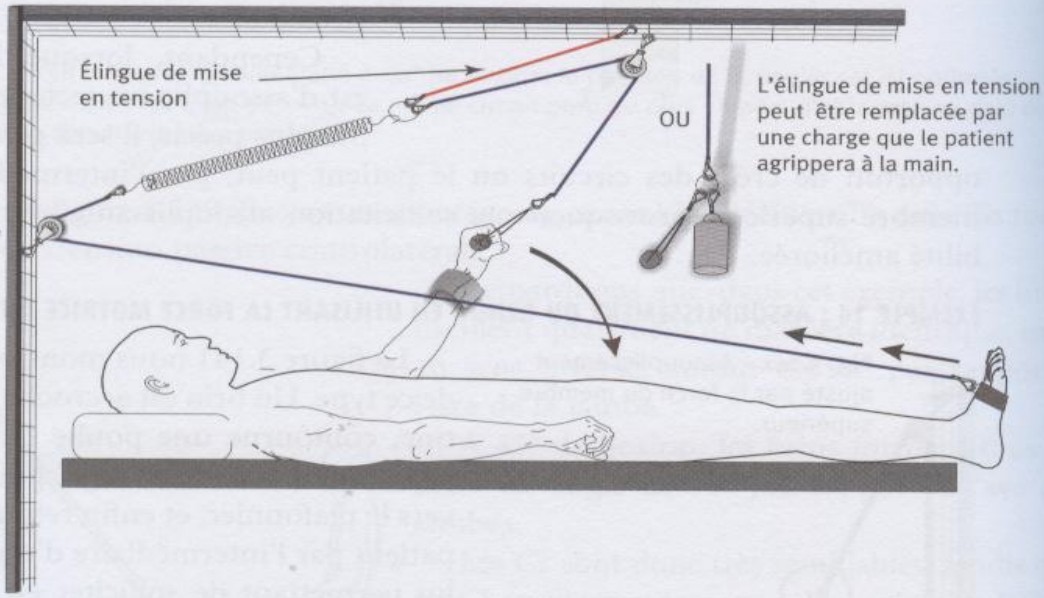


Fig. 3.142 – Le lestage du poignet permet d'augmenter la tension du circuit en position basse du membre supérieur. Au besoin, une poulie mobile sera placée au niveau du pied.

L'exercice manuel classique qui consiste à remettre au patient une longue sangle lui permettant de tirer en flexion le pied pourra être avantageusement remplacé par un montage assurant l'exercice dans des conditions plus efficaces, et surtout avec des conséquences moins dommageables pour la région lombaire.

Selon qu'on visera l'assouplissement des jumeaux ou de la cheville, on placera le genou fléchi ou tendu. Le circuit attire le pied en flexion dorsale. Un ressort permet d'intensifier progressivement le circuit. Si l'on utilise le poids du

membre supérieur comme moteur de la traction, on pourra au besoin le charger par un bracelet lesté. La poignée peut aussi être remplacée par un poids que l'on peut facilement agripper dans une main. Une élingue de mise en tension permet au circuit de rester plus ou moins tendu (selon le réglage) au repos. Un montage utilisant le poids du membre inférieur peut également produire la force motrice nécessaire au circuit assouplissant (*cf.* l'exemple décrit pour les tractions cervicales).

Ci-dessous est donné un exemple de fixation improvisée lorsque les points d'accrochage sont limités.

La figure 3.143 montre la situation lorsqu'une seule paroi latérale est disponible en cage. Il suffit de relier une élingue du plafonnier vers un anneau distributeur, celui-ci se poursuit alors vers le bas (par exemple à une structure de la table), et latéralement vers la cage. Lorsque tous les tendeurs sont serrés, l'anneau reste disponible pour une poulie dérivative.

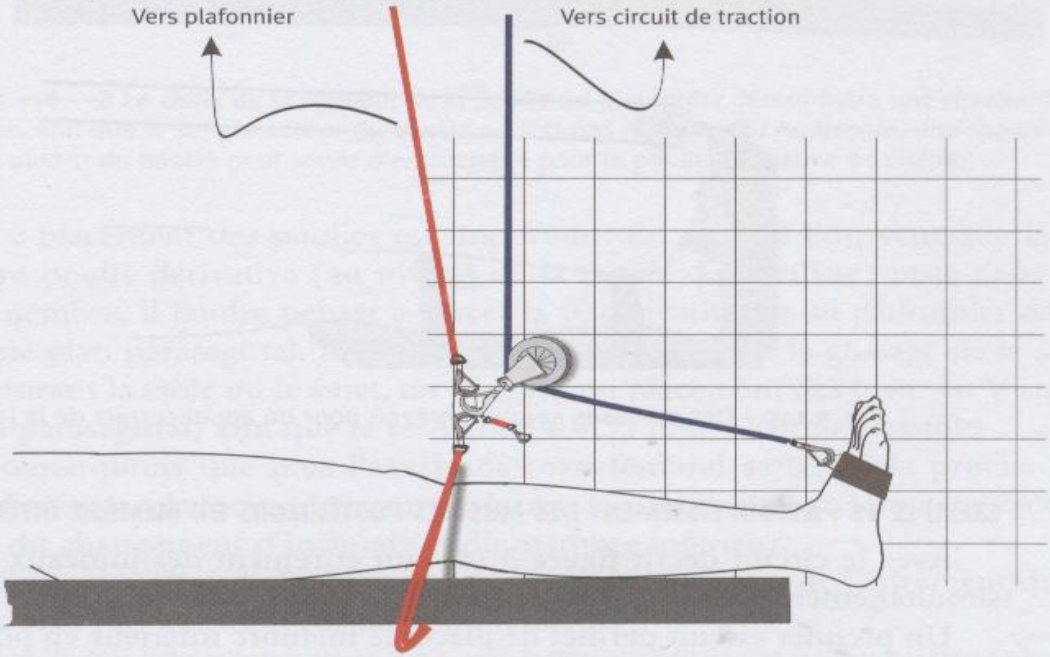


Fig. 3.143 – La fixation triangulaire pour fournir un nouveau point d'accrochage.

Si aucune paroi latérale n'est disponible, l'élingue latérale peut être remplacée par une fixation à la structure de la table. Une sangle prenant en bracelet la table peut également être une solution (il vaut mieux prévoir une mousse de protection entre l'élingue et la table).

En chambre, un montage analogue prendra le lit en bracelet, tandis que la potence du perroquet servira de troisième point d'accrochage et de dérivation de la traction.

Selon les cas, on pourra se contenter d'une bottine au pied, en accrochant le circuit dans sa partie haute. Cependant, l'utilisation d'une planchette permet un accrochage plus décentré, donc avec un bras de levier plus important.

C'est un accessoire qui, s'il n'est pas disponible auprès du fournisseur, pourra être facilement fabriqué. Un anneau permet au circuit de s'y accrocher.

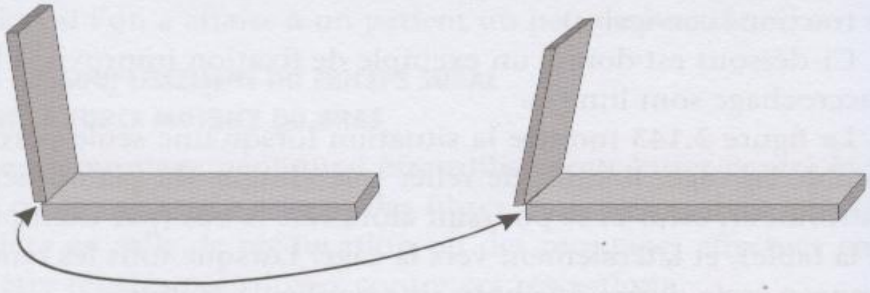


Fig. 3.144 – Une charnière permet l'inclinaison de la planchette.

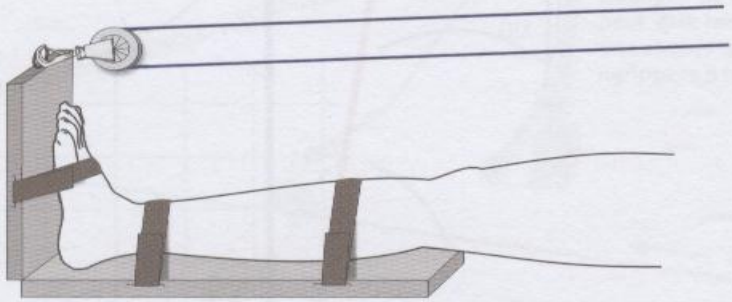


Fig. 3.145 – Des mousses seront à prévoir pour un appui correct de la jambe.

EXEMPLE 16 : ASSOUPLISSEMENT DES MUSCLES POSTÉRIEURS DU MEMBRE INFÉRIEUR

Avec le circuit décrit figure 3.146, un étirement des jumeaux est pratiqué simultanément à une mise en tension des ischio-jambiers.

Un premier circuit permet de placer le membre inférieur en position d'élévation. Un accrochage au panneau latéral, placé de manière telle que le tendeur soit modifiable par le patient, permettra le réglage de la flexion du membre inférieur.

Un second circuit reliera une sangle centrée au niveau de la tête des métatarsiens vers une poignée remise au patient.

Une poulie dérivative sera fixée au niveau de la racine de la cuisse par l'intermédiaire d'une bande ceinturant la table (ou le lit) ou le bassin.

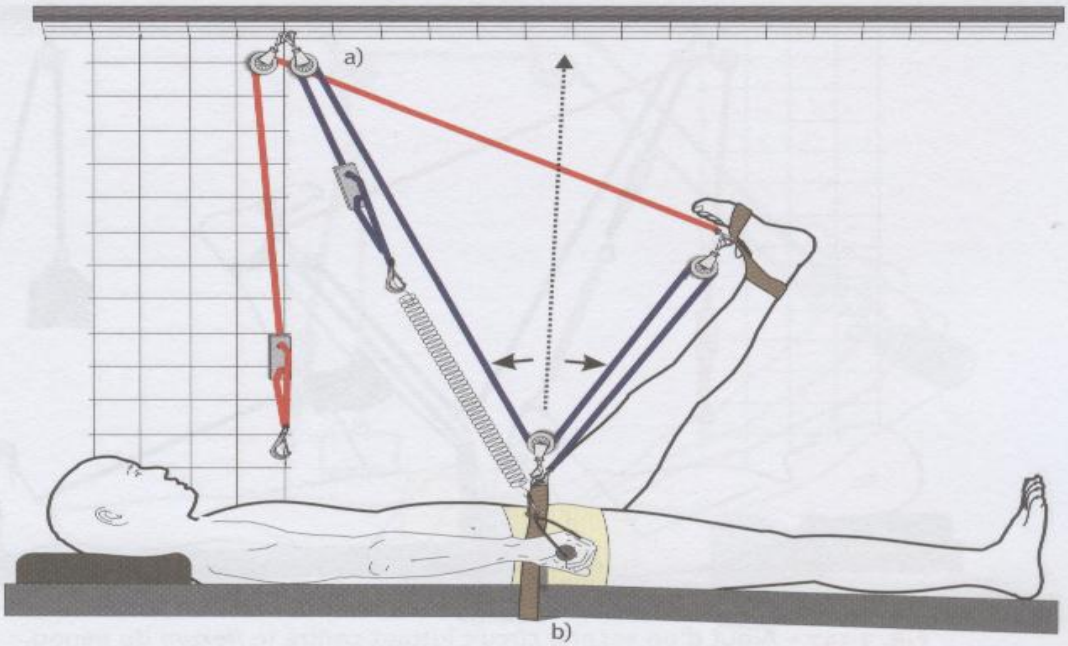


Fig. 3.146 – a) Le choix du placement de la poulie au plafonnier déterminera une résultante neutre, afin que la sangle autour du bassin ne soit pas déviée. – b) Au besoin, une sangle plus large autour du bassin peut servir d'accrochage pour la poulie dérivative du circuit.

Le placement des poulies est important. En effet, si l'on veut que la première poulie dérivative (au niveau de la racine de la cuisse) reste dans l'axe du membre, il faudra penser à placer la poulie suivante au plafonnier dans le même plan parasagittal. Par ailleurs, si l'on veut éviter la glissage de la sangle ceinturant la table ou le sujet, on choisira un placement des brins en V (même plan parasagittal) afin que la résultante soit la plus verticale possible.

Remarquons que plus l'axe trans-coxo-fémoral se trouvera proche de la poulie située à la racine de la cuisse, moins le circuit verra sa longueur modifiée lors du changement d'inclinaison du membre inférieur.

Cela permettra d'obtenir une tension constante lors de l'étirement du ressort, sans modification régulière du tendeur.

Un *flexum* du genou peut être combattu en ajoutant un circuit supplémentaire. La sangle spécialement dédiée pour le genou sera reliée à un circuit placé perpendiculairement. À défaut d'un panneau grillagé, on pourra se contenter d'une attache vers la structure de la table (ou du lit). À l'extrémité de ce circuit, on utilisera un poids si l'on veut que la tension soit constante au niveau du genou, quel que soit le degré d'inclinaison du membre au cours de la séance. Si, au contraire, on désire une retenue progressivement croissante avec l'inclinaison du membre, on optera pour un ressort.

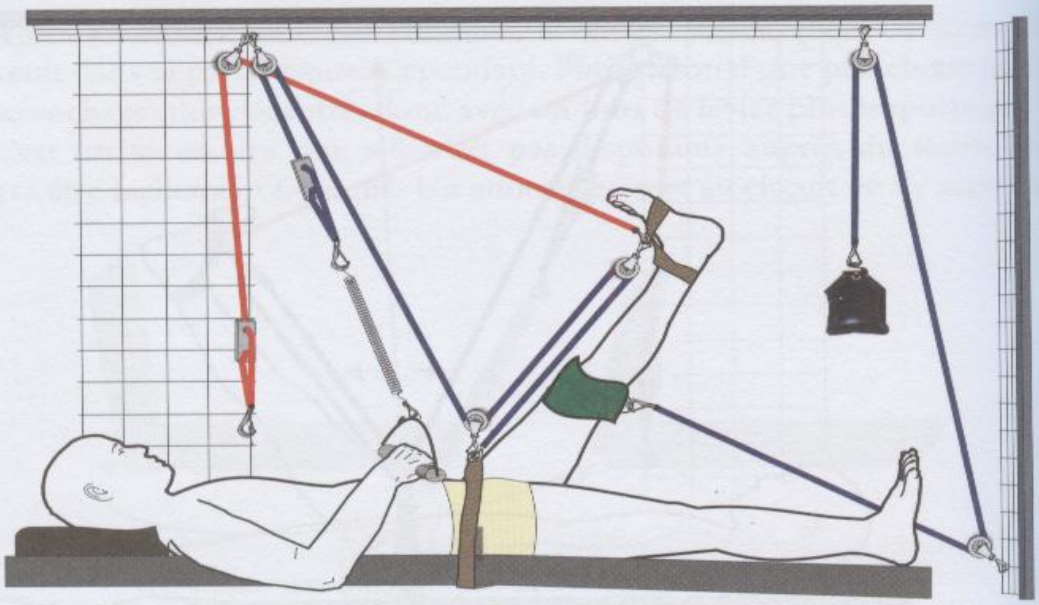


Fig. 3.147 – Ajout d'un second circuit luttant contre le *flexum* du genou.

Nous voyons qu'il est possible de construire la totalité de ce montage en chambre d'hôpital pour autant qu'une potence soit disponible. Un seul point de plafonnier est, en effet, nécessaire. Les autres attaches peuvent se réaliser grâce à des sanglettes fixées à la structure du lit ou au patient lui-même.

EXEMPLE 17 : ASSOUPLISSEMENT EN ASSOCIANT DES CONTRACTIONS ISOMÉTRIQUES

Parmi les circuits destinés à étirer les ischio-jambiers, on peut construire un montage qui reproduit la manœuvre manuelle classique consistant à faire réaliser par le patient une contraction musculaire statique du groupe musculaire visé, avant de réaliser une contraction active en raccourcissement des antagonistes, aidé en fin de course par une mobilisation passive, celle-ci étant effectuée à l'aide d'une poignée actionnée par le patient.

On pourra sangler le patient au bassin et au niveau de la cuisse controlatérale afin d'éviter les compensations. La poulie mobile double la force du bras lors de la mobilisation passive. Un anneau distributeur permet de fixer la position atteinte en terminant le circuit vers la cage. Le patient peut donc réaliser une contraction isométrique en poussant le membre inférieur vers le bas quelques secondes, puis fléchir activement la hanche, genou tendu, et tenter de gagner quelques degrés en s'aidant de la poignée en fin de course. Au cours de la séance, le circuit peut être raccourci grâce au tendeur.

Une poulie à cliquet peut être utilisée de manière à ce que chaque gain dans le raccourcissement du circuit soit maintenu automatiquement.

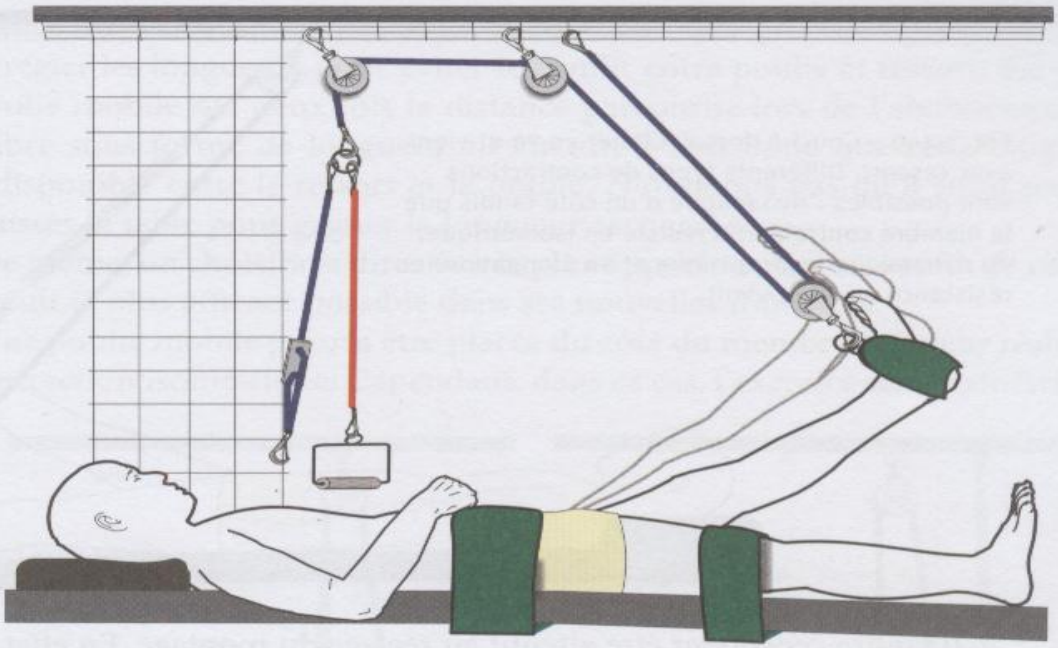


Fig. 3.148 – Technique de la contraction isométrique avant l'étirement du muscle.

EXEMPLE 18 : ADAPTATION DU CIRCUIT EN VA-ET-VIENT EN MUSCULATION

La plupart des circuits que nous avons précédemment décrits peuvent être également utilisés avec une visée de musculation. La façon la plus simple pour transformer ainsi ces montages est de placer un ressort comme intermédiaire dans le circuit. Peu importe sa place tout au long de celui-ci, puisque la tension qu'il génère est homogène.

Dans l'exemple de la figure 3.149, nous avons repris le circuit appliqué pour un va-et-vient en flexion-extension des deux membres inférieurs.

En interposant un ressort, le sujet peut alternativement exercer des contractions isométriques des extenseurs de la hanche d'un côté, tandis que les extenseurs controlatéraux effectuent une contraction dynamique. Il suffit alors d'inverser les positions en inclinaison des deux membres inférieurs pour inverser également les rôles des muscles des deux membres.

On peut aussi successivement utiliser les deux fonctions du circuit en alternant le va-et-vient classique mobilisant avec le mode à visée musculaire. Cette façon de pratiquer améliore la récupération musculaire par l'effet circulatoire réalisé entre deux contractions. Ici aussi, on choisira entre la poulie centrale unique exigeant une contraction des abducteurs lors du mouvement en flexion-extension, ou une poulie dans chaque plan parasagittal des deux membres.

Notons qu'un circuit utilisant une poulie en se fixant par ses extrémités sur deux parties d'un membre, tel que celui que nous avions déjà utilisé pour répartir une prise en charge de manière homogène, peut également bénéficier de l'intermédiaire d'un ressort dans le but d'effectuer des exercices musculaires.

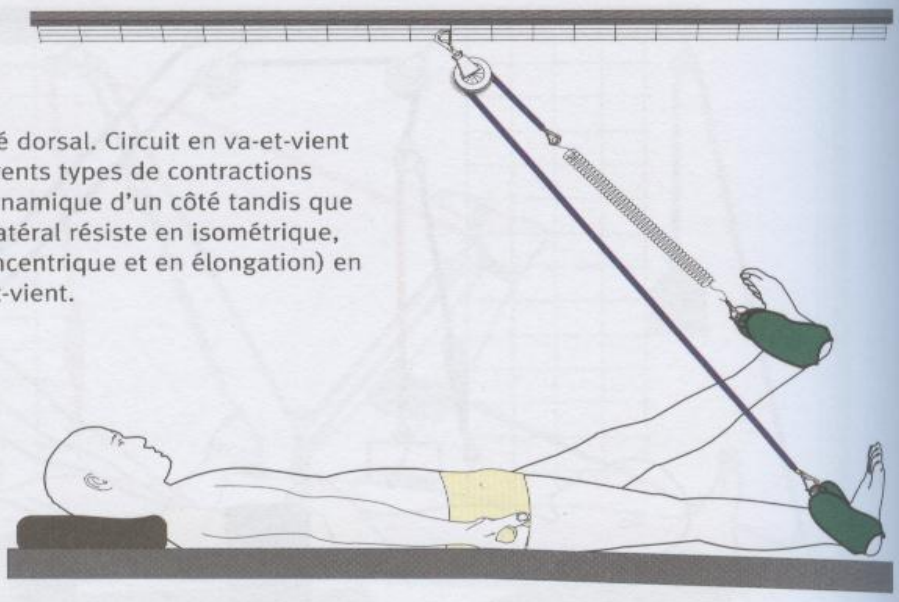


Fig. 3.149 – Couché dorsal. Circuit en va-et-vient avec ressort. Différents types de contractions sont possibles : dynamique d'un côté tandis que le membre controlatéral résiste en isométrique, ou dynamique (concentrique et en élongation) en résistance en va-et-vient.

Il faudra cependant être attentif au réglage du montage. En effet, lors de l'extension, une des extrémités du ressort est attirée vers la poulie, quel que soit le brin sur lequel on a fixé ce ressort. Si celui-ci est placé trop à proximité de la poulie, il pourrait être entraîné dans la gorge lors de l'extension avec un risque d'accident.

Pour cette raison, on choisira de placer le ressort du côté où l'arc de cercle dessiné par le mouvement est le plus important.

Remarquons que lorsqu'on choisit de placer une poulie mobile au niveau de la sangle de la cuisse, pour doubler la tension (on peut lutter ainsi contre une

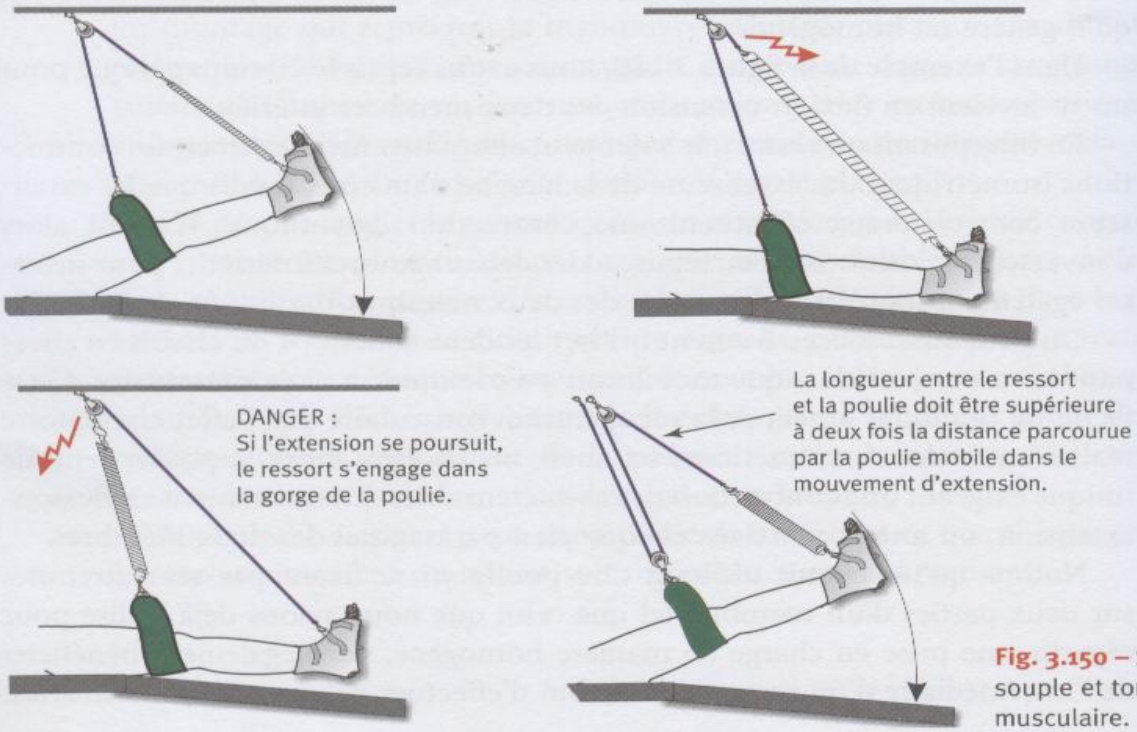


Fig. 3.150 – Suspension souple et tonification musculaire.

tendance au *recurvatum*), il faudra, encore plus que précédemment, veiller à bien régler les longueurs pour éviter le conflit entre poulie et ressort. En effet, la poulie mobile ôte deux fois la distance parcourue lors de l'abaissement du membre sous forme de longueur au circuit, il faut donc que cette longueur soit disponible entre le ressort et la poulie. N'oublions pas qu'il suffit parfois d'abaisser la table pour gagner la longueur recherchée.

De même, on choisira la direction la plus opportune des brins afin de rendre le circuit le plus efficace possible dans ses nouvelles fonctions.

Une poulie mobile pourra être placée du côté du membre inférieur réalisant la contraction isométrique. Cependant, dans ce cas, l'exercice sera asymétrique.

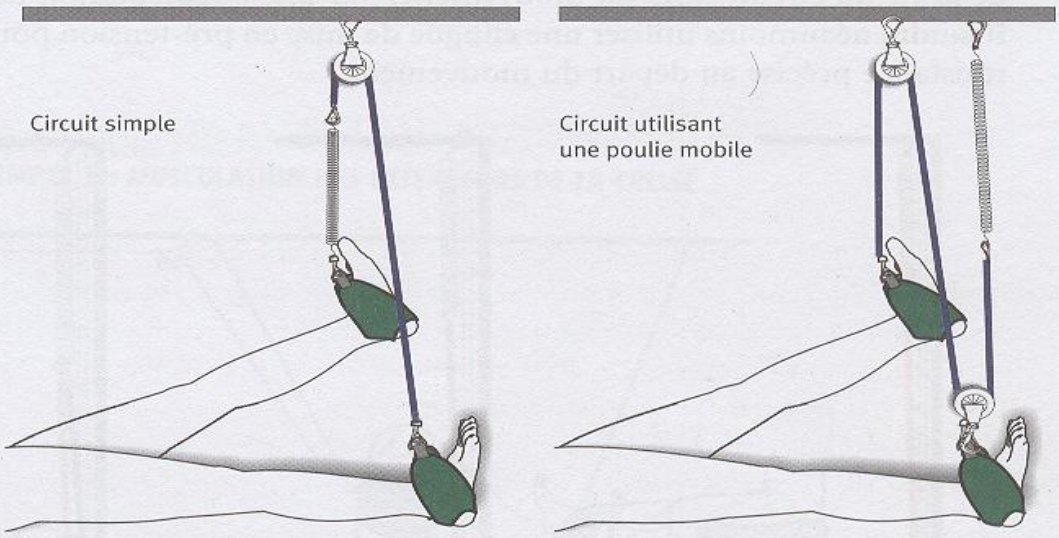


Fig. 3.151 – Couché dorsal. Circuit en va-et-vient avec ressort. La contraction isométrique droite voit sa valeur doublée par l'utilisation d'une poulie mobile de ce côté.

Néanmoins, si le rapport 2/1 que provoque la poulie mobile est trop important, on peut le diminuer en modifiant l'obliquité des brins.

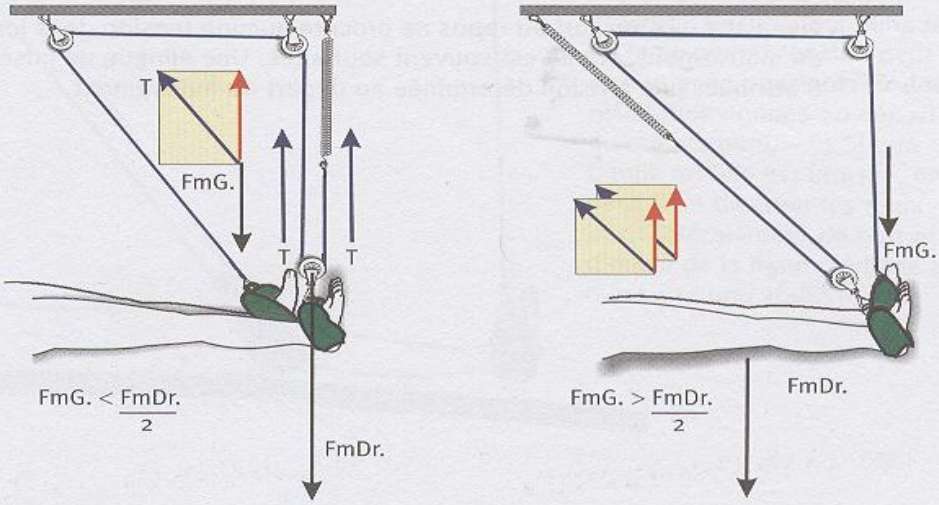


Fig. 3.152 – Analyse comparative lors de l'utilisation d'une poulie mobile.

LES CIRCUITS SPÉCIFIQUES À LA MUSCULATION

PRINCIPES GÉNÉRAUX

Nous avons vu que les circuits en va-et-vient sont bien pratiques pour permettre toute une série d'exercices intéressants.

Néanmoins, dans le cas d'une tonification plus intense, il faudra avoir recours à d'autres montages.

Rappelons ici l'installation de base que nous pourrons appliquer à la plupart des circuits lorsque la résistance en bout de circuit est un ressort. Celui-ci est préféré à une charge fixe lorsqu'il s'agit de compenser une perte de rendement de la Cr du circuit (lors du mouvement) par une augmentation de la tension. Il faudra néanmoins utiliser une élingue de mise en pré-tension pour offrir une résistance précise au départ du mouvement.

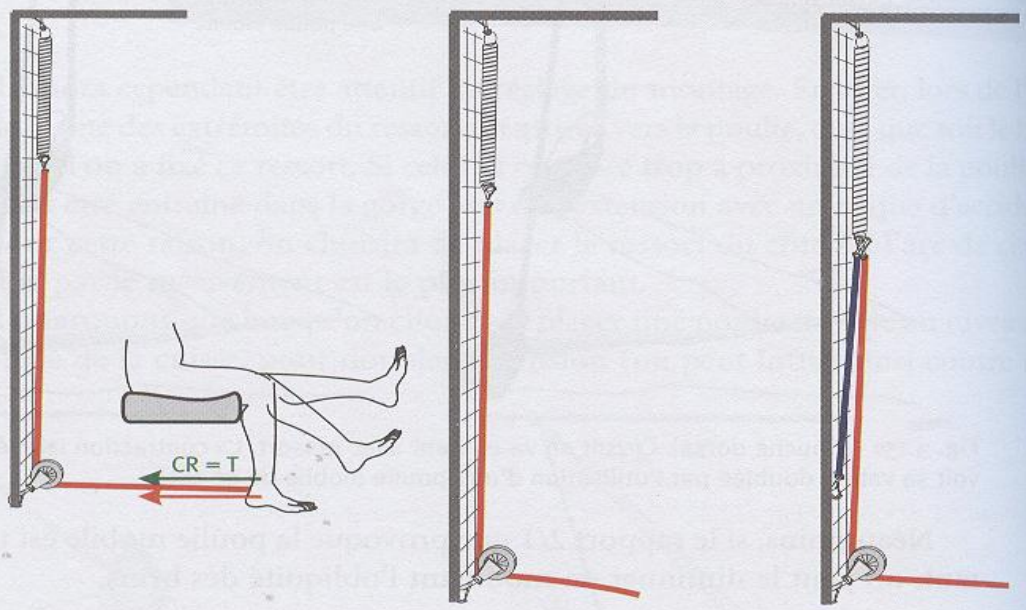


Fig. 3.153 – Le ressort au repos ne procure aucune tension dans les premiers degrés du mouvement, or elle est souvent souhaitée. Une élingue de mise en pré-tension permet d'attribuer une tension déterminée au départ du mouvement.

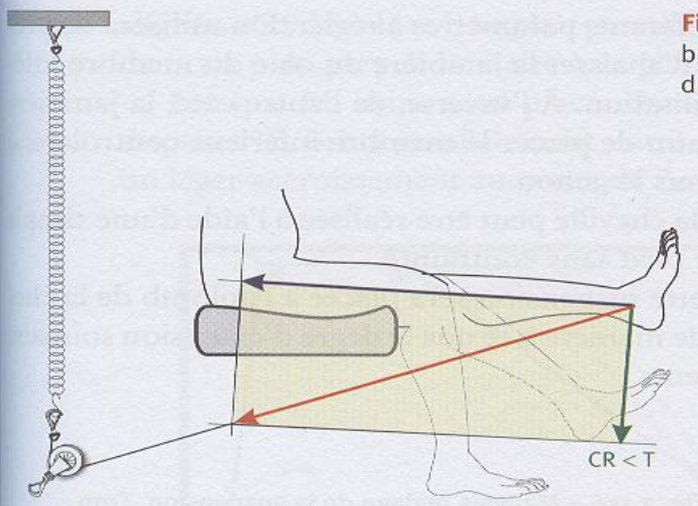
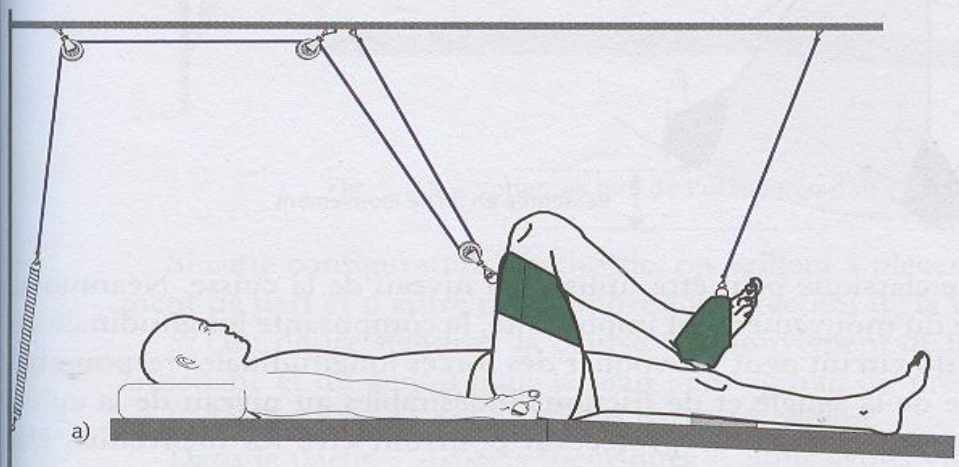


Fig. 3.154 – Le ressort permet de garder une bonne valeur à Cr malgré la perte de rendement due à l'inclinaison du brin du circuit.

EXEMPLE 1 : MUSCULATION DES EXTENSEURS DE LA CUISSE



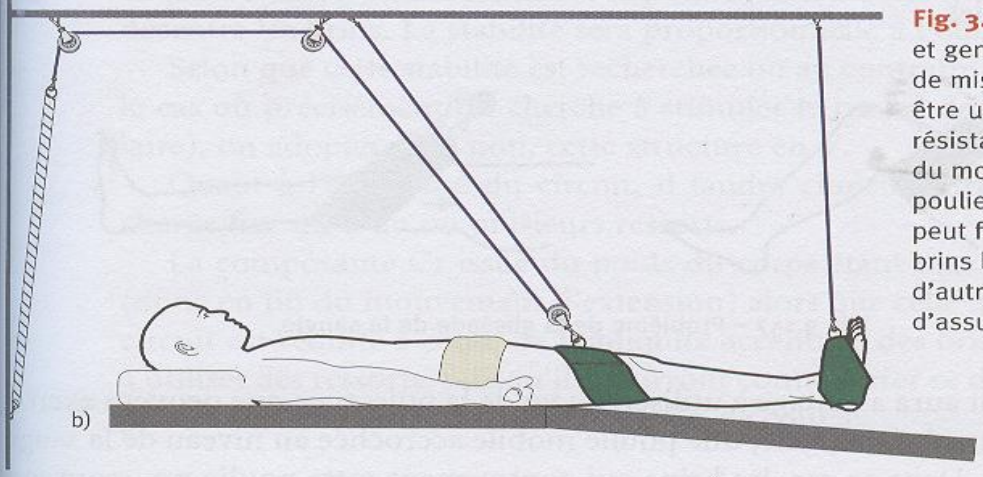


Fig. 3.155 – a) Départ hanche et genou fléchis. Une élingue de mise en pré-tension peut être utilisée pour obtenir une résistance donnée au départ du mouvement. – b) Si une poulie mobile est utilisée, on peut faire diverger les deux brins latéralement de part et d'autre de la ligne médiane afin d'assurer une stabilité.

Analysons brièvement les différents paramètres à régler. On utilisera de préférence une table articulée afin d'abaisser la jambière du côté du membre inférieur qui fait l'objet de la mobilisation. À l'inverse, de l'autre côté, la jambière peut être légèrement soulevée afin de placer le membre inférieur controlatéral en légère flexion, un coussin sous le genou.

La suspension au niveau de la cheville peut être réalisée à l'aide d'une simple sangle puisque celle-ci guide le pied sans contrainte.

Sauf indication contraire, cette suspension sera placée à l'aplomb de la cheville, et sa longueur sera réglée de manière à ce que le degré d'extension souhaité soit obtenu en fin de mouvement.

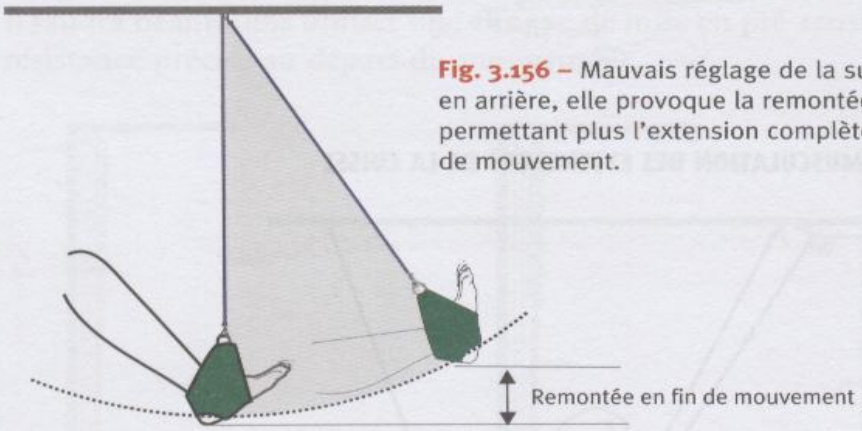


Fig. 3.156 – Mauvais réglage de la suspension. Trop en arrière, elle provoque la remontée de la cheville, ne permettant plus l'extension complète de la hanche en fin de mouvement.

Une sangle classique peut être utilisée au niveau de la cuisse. Néanmoins, si l'amplitude du mouvement est importante, la composante longitudinale née de la tension du circuit peut provoquer des forces longitudinales responsables d'une glissade de la sangle et de frictions indésirables au niveau de la cuisse. Un feutre ou une mousse de protection pourront être les bienvenus. Une sangle ajustable, à fermeture scratch, sera plus efficace vis-à-vis des contraintes longitudinales.

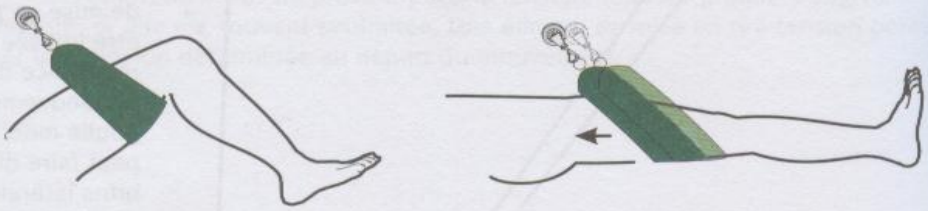


Fig. 3.157 – Problème de la glissade de la sangle.

Le circuit aura avantage à utiliser, au vu de la puissance que peuvent exercer les extenseurs de la hanche, une poulie mobile accrochée au niveau de la sangle de la cuisse. Dans ce cas, les brins qui contournent cette poulie pourront être

alignés, soit dans le même plan parasagittal du membre inférieur concerné, soit dans un plan perpendiculaire à ce plan.

Lorsque les brins sont placés dans le même plan parasagittal, on pourra disposer les brins parallèlement entre eux ou en V. La disposition en V offre un léger accroissement au cours de l'extension (*cf.* « Aspects théoriques »).

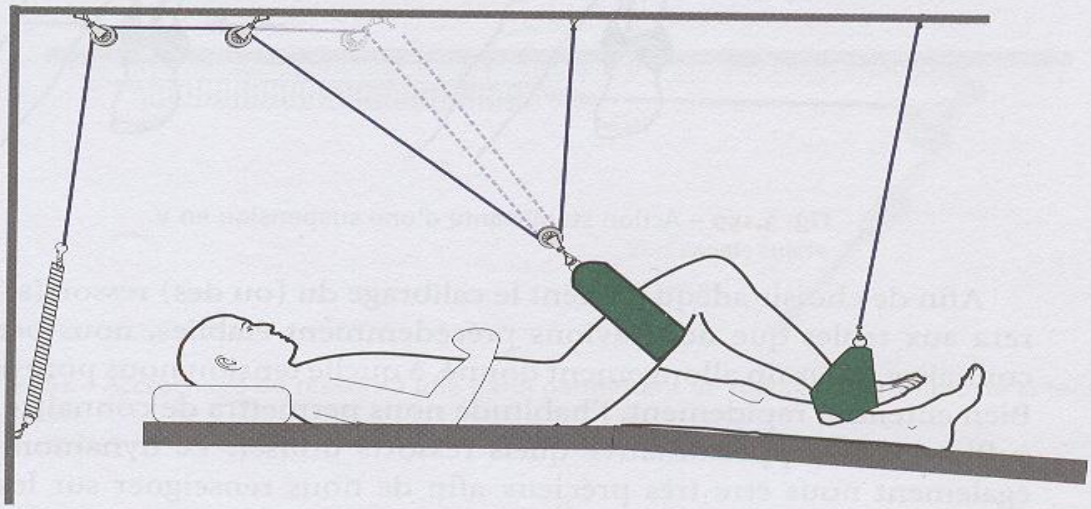


Fig. 3.158 – Variantes lors de l'utilisation d'une poulie mobile.

Si cette configuration est choisie, on veillera à placer les brins symétriquement de part et d'autre par rapport à la direction de la résultante souhaitée.

Si l'on désire stabiliser la course du mouvement de la flexion-extension de la hanche et du genou dans le plan parasagittal, on préférera une disposition en V des deux brins dans un plan perpendiculaire.

Dans la partie « Aspects théoriques », nous avons vu que l'obliquité symétrique des brins tend à recentrer la poulie porteuse dès qu'une force extérieure décentre les brins. La stabilité sera proportionnelle à l'obliquité des brins.

Selon que cette stabilité est recherchée ou au contraire non souhaitée (dans le cas où précisément on cherche à stimuler le travail de stabilisation musculaire), on adoptera, ou non, cette structure en V.

Quant à l'extrémité du circuit, il faudra choisir entre l'accrochage d'une charge fixe ou d'un ou plusieurs ressorts.

La composante Cr issue du poids du corps étant maximale à l'horizontale (donc en fin du mouvement d'extension) alors que celle issue de la tension du circuit est réduite à cause de l'obliquité accentuée des brins, on aura avantage à utiliser des ressorts, puisqu'ils pourront contrecarrer ce déséquilibre croissant par leur tension plus importante en fin de course.

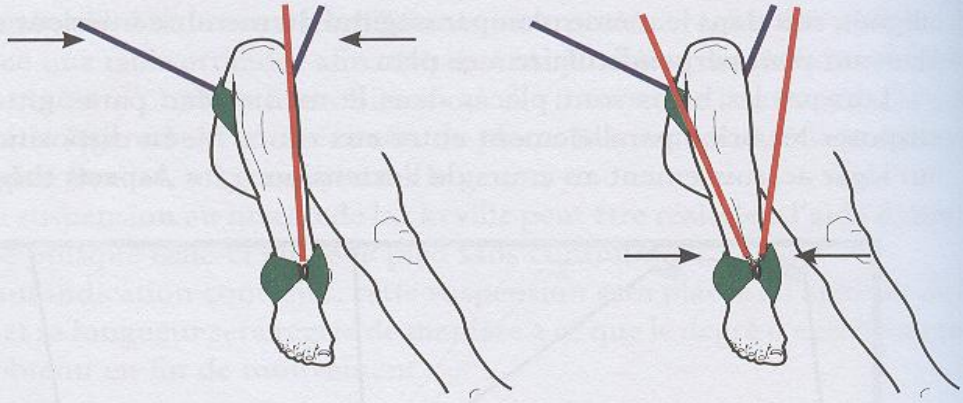


Fig. 3.159 – Action stabilisante d'une suspension en V.

Afin de choisir adéquatement le calibrage du (ou des) ressort(s), on se référera aux tables que nous avions précédemment établies, nous permettant de connaître, pour un allongement donné, à quelle tension nous pourrons aboutir. Bien entendu, rapidement, l'habitude nous permettra de connaître de manière suffisamment approximative quels ressorts utiliser. Le dynamomètre pourra également nous être très précieux afin de nous renseigner sur les différentes valeurs en jeu.

Une autre manière d'obtenir une résistance suffisamment forte dès le début du mouvement, et qui progresse ensuite, est d'utiliser conjointement une charge en bout de circuit et le(s) ressort(s) sur ce même circuit ou un circuit secondaire.

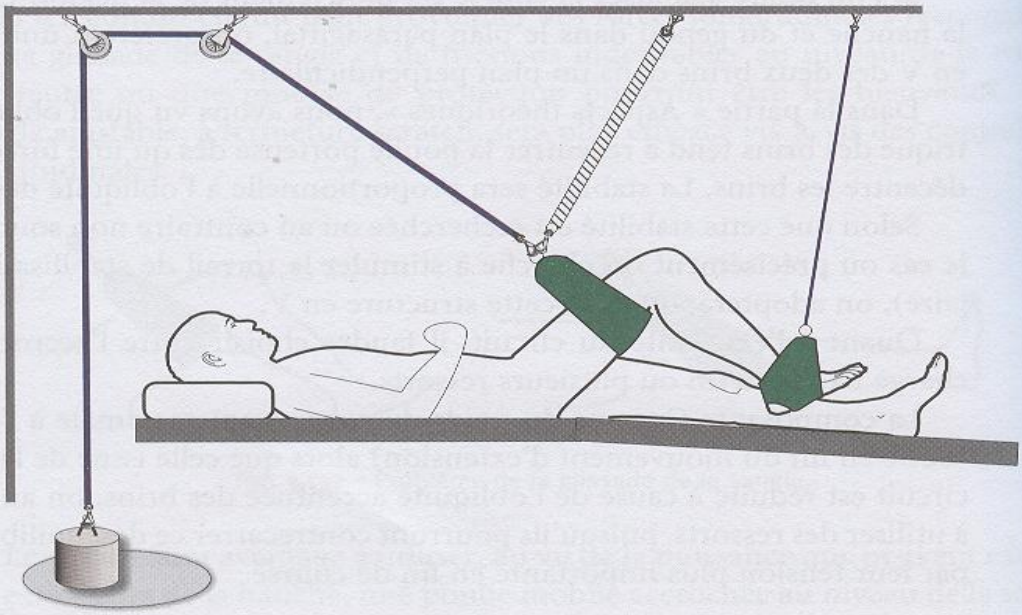


Fig. 3.160 – Utilisation combinée d'une charge et d'un ressort.

Remarquons que nous avons placé un ressort de manière telle que sa direction engendre une accentuation de sa Cr au moment où la cuisse sera à l'horizontale.

Bien entendu, au lieu d'utiliser le ressort en prise directe, nous pouvons lui substituer un second circuit qui, grâce à la poulie dérivative, permettrait d'offrir plus d'espace pour le placement du (ou des) ressort(s).

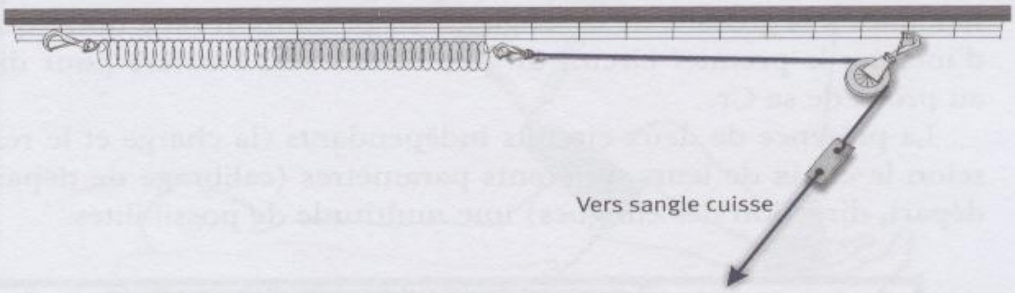


Fig. 3.161 – Accrochage du ressort à une paroi permettant un réglage plus ample de la tension du ressort.

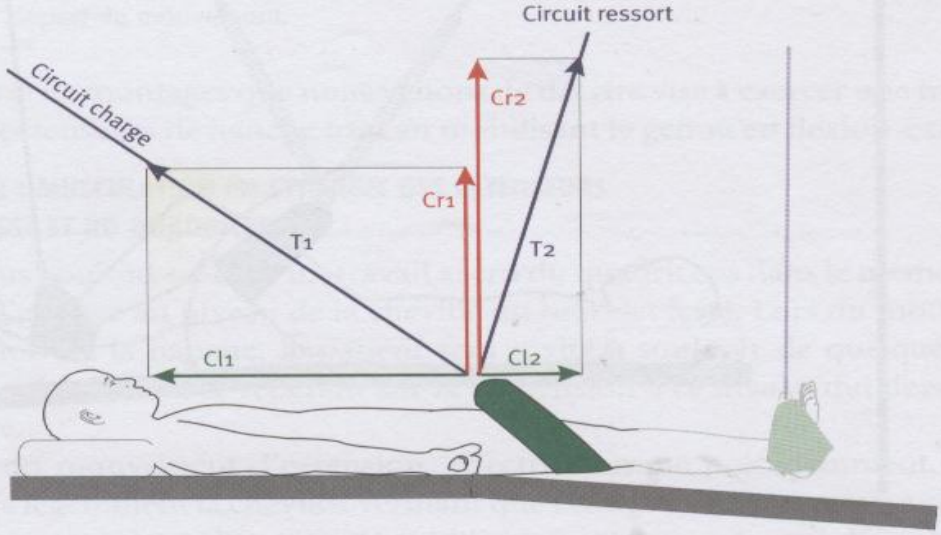


Fig. 3.162 – Décomposition des forces.

Si nous effectuons une décomposition des forces en présence, nous obtenons la figure 3.162.

Nous avons délibérément choisi des tensions T1 et T2 similaires en position d'extension afin de mieux faire apparaître les différences qu'une même tension crée au niveau de ses composantes.

Les deux composantes verticales (Cr1 et Cr2) s'additionnent et constitueront la résistance à vaincre par les extenseurs (nous ne tenons pas compte du poids du membre).

En première approximation (à vue d'œil sur les rectangles de décomposition), Cr2 vaut Cr1 × 1,5, soit un total de 2,5 par rapport au précédent circuit.

Quant à Cl2, la composante longitudinale née du circuit utilisant le ressort, elle limitera celle en sens inverse issue du premier circuit, ce qui limitera la tendance à la glissade de la sangle de suspension. Il est à noter qu'il nous suffit d'incliner le premier circuit un peu moins vers l'arrière pour diminuer sa Cl au profit de sa Cr.

La présence de deux circuits indépendants (la charge et le ressort) permet selon le choix de leurs différents paramètres (calibrage de départ, tension de départ, direction des élingues) une multitude de possibilités.

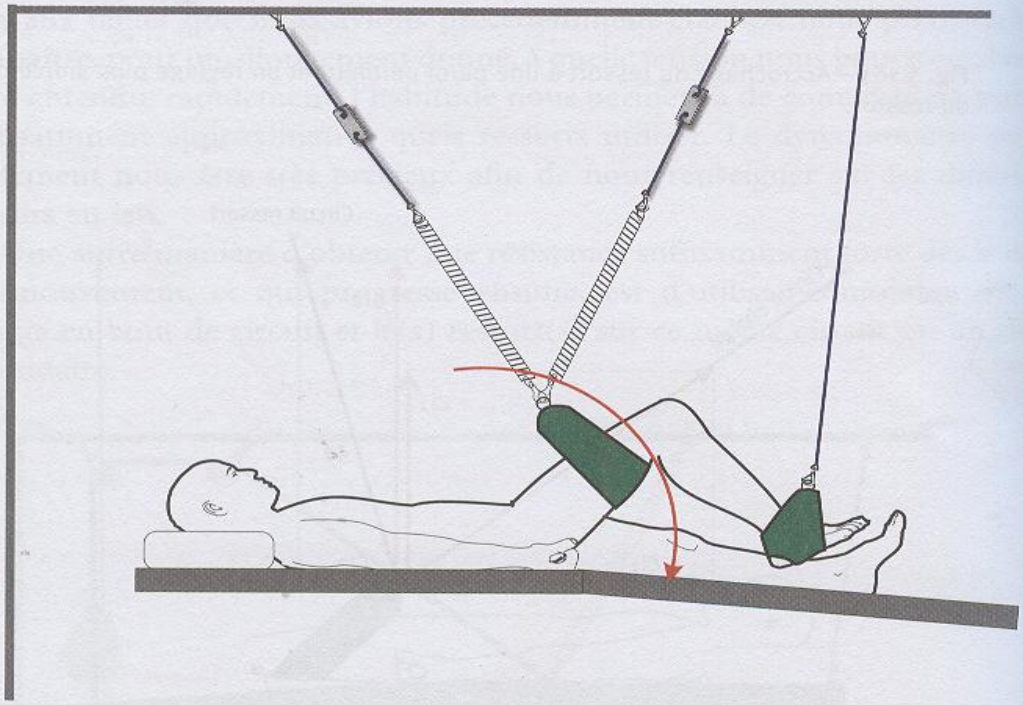


Fig. 3.163 – La mise en position basse de la table permet de réaliser un montage simplifié avec deux, voire un ressort. Une petite élingue de réglage permet d'ajuster la tension nécessaire du ressort.

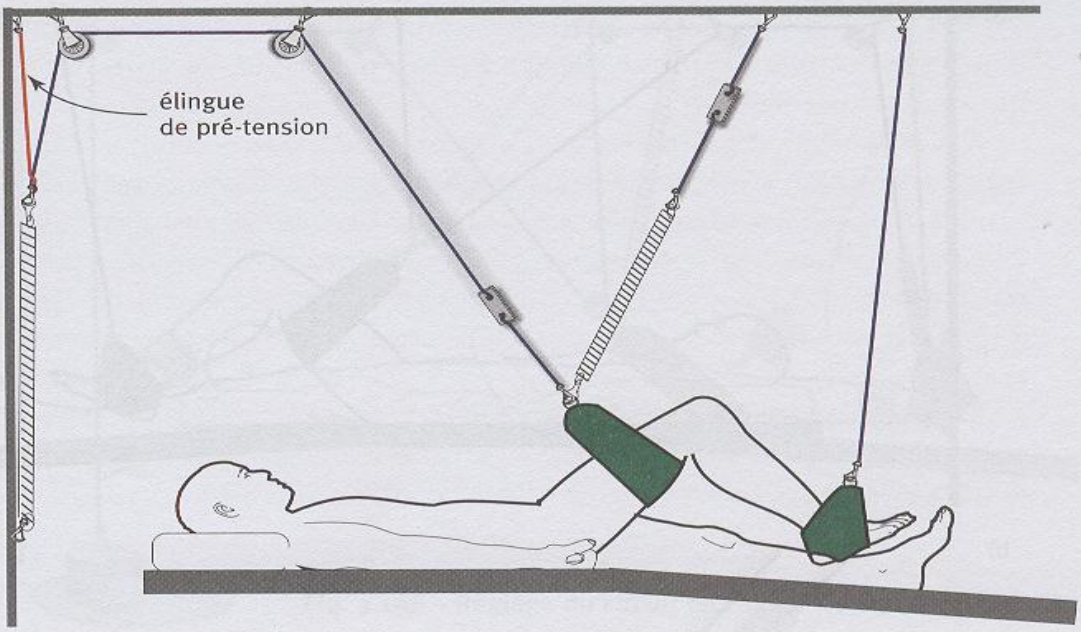


Fig. 3.164 – Même montage que sur la figure précédente, mais le premier ressort est remplacé par un circuit adjoint d'une élingue de mise en pré-tension, ce qui permet d'opposer une résistance dès le départ du mouvement d'extension. Une élingue place le ressort à la tension désirée au départ du mouvement.

La série de montages que nous venons de décrire vise à exercer une musculation des extenseurs de hanche tout en mobilisant le genou en flexion-extension.

EXEMPLE 2 : MUSCULATION EN SYNERGIE DES EXTENSEURS DE LA CUISSE ET DU QUADRICEPS

Si nous voulons susciter un travail accru du quadriceps dans le même temps, il suffit d'ajouter au niveau de la cheville un bracelet lesté. Lors du mouvement d'extension de la hanche, le patient sera invité à soulever de quelques centimètres la cheville, en se repérant sur la suspension à ce niveau qui devra rester détendue.

Lors du mouvement d'extension, effectué comme précédemment, le sujet soulèvera légèrement la cheville, vérifiant que l'élingue de suspension à ce niveau sera légèrement détendue, signifiant obligatoirement un travail du quadriceps.

Il faut toutefois tenir compte du fait que le lestage à la cheville a pour conséquence d'alourdir l'ensemble du poids du membre inférieur, ce qui implique de compenser ceci par un accroissement de la résistance à fournir au niveau de la sangle de la cuisse.

Le bras de levier du lestage au niveau de la cheville est plus important que celui dont bénéficie la cuisse, il faudra en tenir compte dans le calcul de la charge du circuit principal si l'on veut obtenir le même effort d'extension fourni avec les montages précédents.

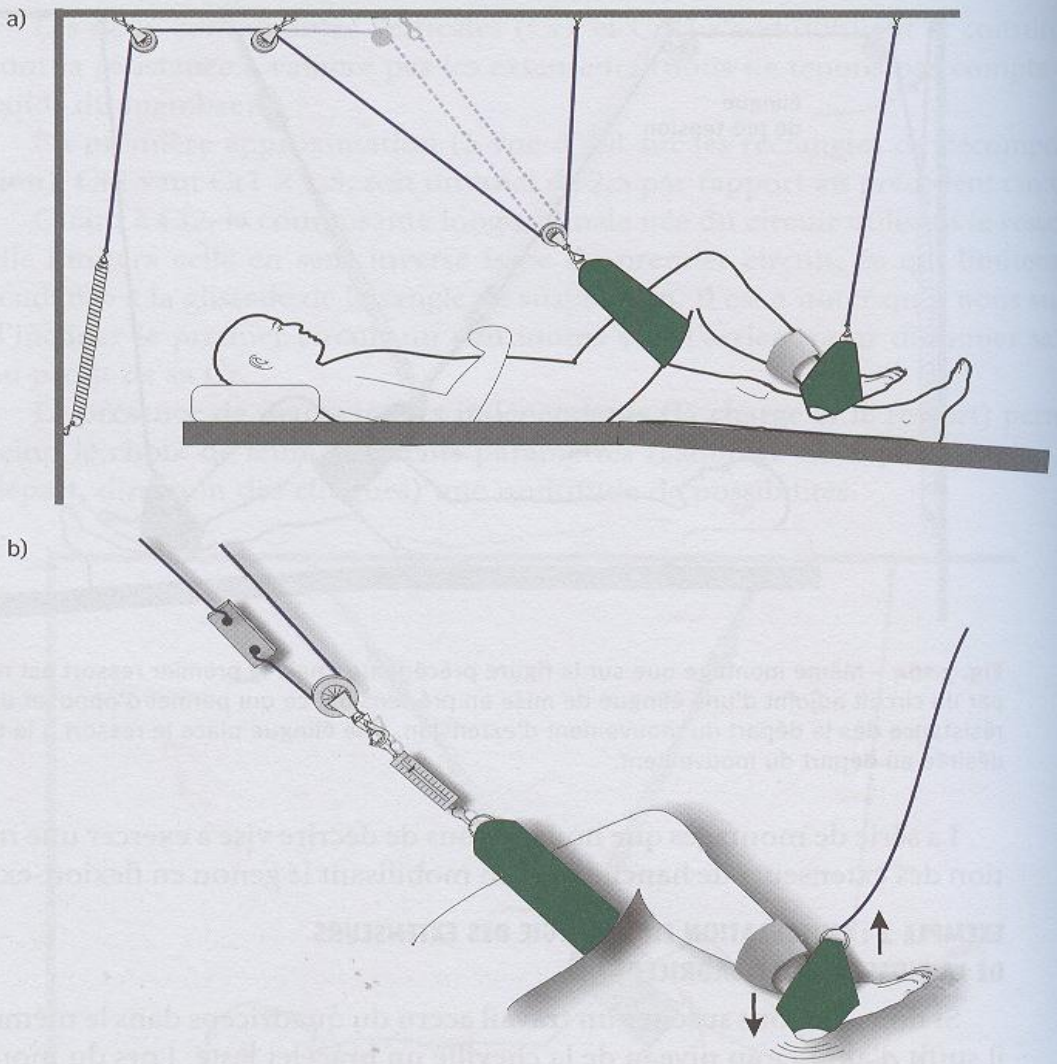


Fig. 3.165 – a) Un lestage au niveau de la jambe permet d'obtenir un travail du quadriceps dans le même temps. L'élingue de suspension à la cheville permet de vérifier, par son relâchement, la prise en charge du quadriceps. – b) Travail synergique extenseurs hanche et genou.

Ceci nous fera comprendre facilement que nous ne pourrons pas espérer opposer au quadriceps un lestage important, sous peine de devoir exagérément surcharger le circuit principal.

Pour une musculation plus intense du quadriceps, nous choisirons donc d'autres montages plus adéquats.

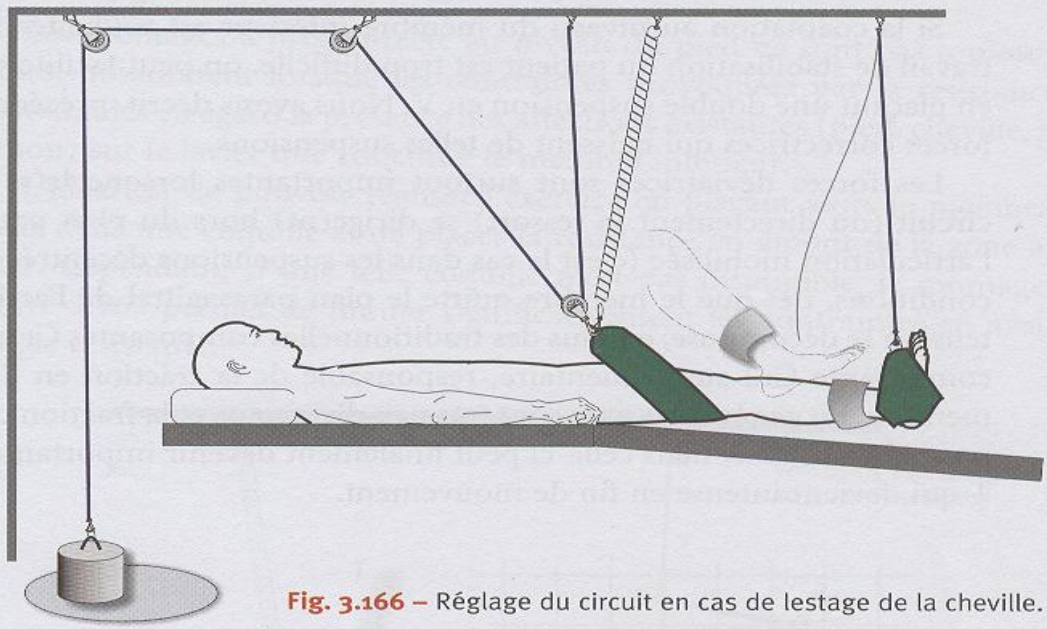


Fig. 3.166 – Réglage du circuit en cas de lestage de la cheville.

EXEMPLE 3 : MUSCULATION DES EXTENSEURS DE LA CUISSE SANS MOBILISATION DU GENOU

Si l'on veut exercer les extenseurs de la hanche sans mobiliser le genou, on pourra placer une simple suspension souple.

Les mêmes principes interviennent en rapport avec l'obliquité du circuit.

En inclinant celui-ci, on crée une coaptation du membre inférieur, avec des composantes latérales abductrices ou adductrices selon le déséquilibre initial. Le praticien déterminera donc en fonction des critères recherchés si celles-ci sont désirées pour stimuler le travail de stabilisation de ces muscles lors de l'extension, ou non.

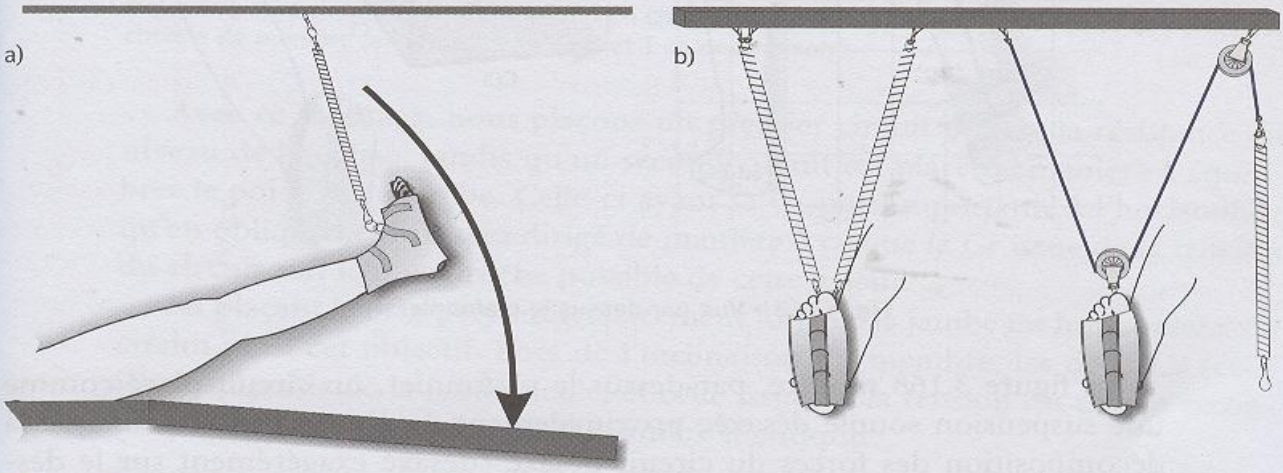


Fig. 3.167 – a) Ici également, selon le cas, on pourra utiliser directement le ressort en prise directe, ou par l'intermédiaire d'un circuit permettant le réglage de sa tension. Éventuellement, on utilisera une élingue de pré-tension, selon les critères recherchés. – b) Suspension ou montage en V permettant une stabilisation latérale.

Si la coaptation au niveau du membre inférieur est souhaitée mais que le travail de stabilisation du patient est trop difficile, on peut faciliter la situation en plaçant une double suspension en V. Nous avons décrit, précédemment, les forces correctrices qui naissent de telles suspensions.

Les forces déviatrices sont surtout importantes lorsque le(s) brin(s) du circuit (ou directement le ressort) se dirige(nt) hors du plan parasagittal de l'articulation mobilisée (c'est le cas dans les suspensions décentrées). Dans ces conditions, dès que le membre quitte le plan parasagittal de l'articulation, la tension se décompose, en plus des traditionnelles composantes Cr et Cl, en une composante Cr2 supplémentaire, responsable de la traction en déviation du membre. En général, les axes sont très peu divergents et la fraction décomposée pour la Cr2 faible, mais celle-ci peut finalement devenir importante à cause de T qui devient intense en fin de mouvement.

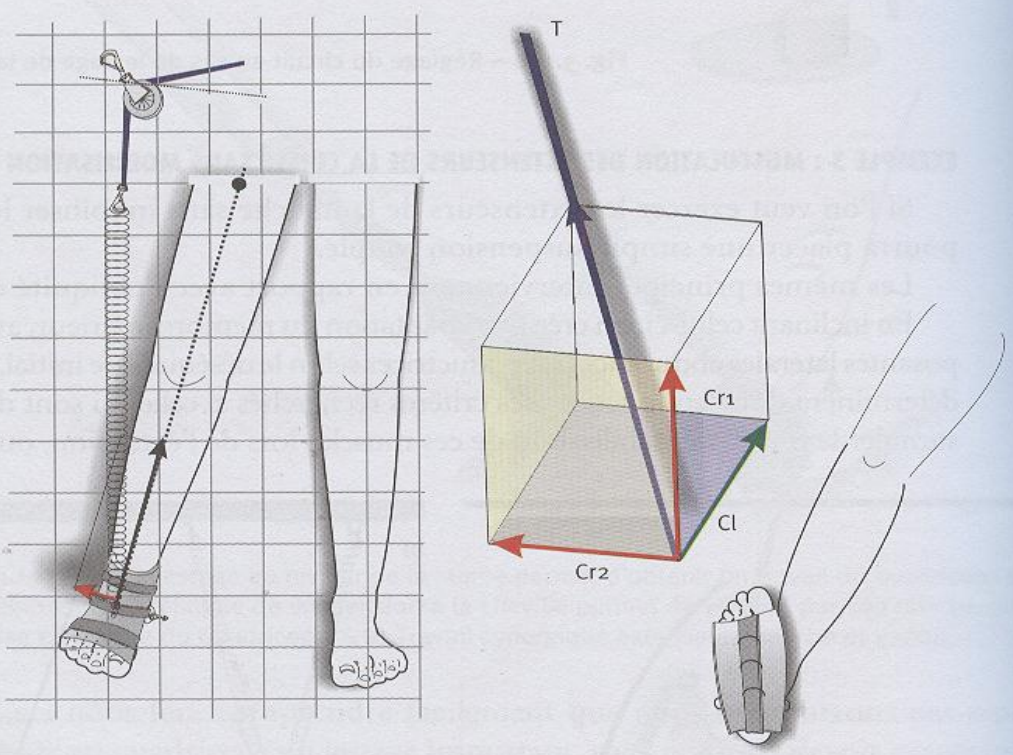


Fig. 3.168 – Vue par-dessus le plafonnier.

La figure 3.168 montre, par-dessus le plafonnier, un circuit placé comme une suspension souple désaxée proximalement. Le dessin à droite analyse la décomposition des forces du circuit désaxé (désaxé exagérément sur le dessin pour faciliter la démonstration) : T est la tension du circuit, Cl la coaptation longitudinale due à l'obliquité du circuit vers l'arrière, Cr1 la fraction qui entraîne le membre en flexion, et Cr2, la composante qui provoque l'abduction.

Les montages à prise directe au niveau du pied ne sont pas toujours possibles, notamment lorsque les contraintes provoquées par la résistance sont indésirables eu égard la présence des affections existantes (pied, cheville, jambe, genou) sur le levier que constitue le membre inférieur.

L'idéal est de pouvoir réaliser l'exercice en plaçant alors le membre inférieur dans une coquille et de placer la résistance en amont de la zone à épargner. Cependant, si une telle coquille n'est pas disponible, le montage de la figure 3.169 permet de limiter significativement les contraintes en aval de la sangle résistante.

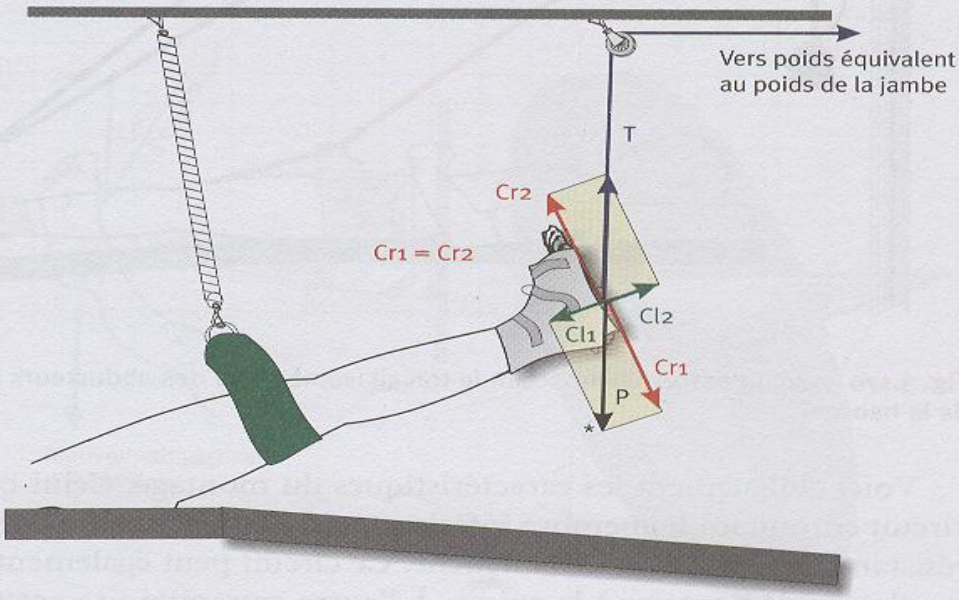


Fig. 3.169 – Le circuit secondaire prend en charge le poids de la jambe. L'obliquité des brins est choisie de manière telle que les Cr de P et T se neutralisent.

Avec ce montage, nous plaçons un premier circuit offrant la résistance au niveau de la cuisse, tandis qu'un second circuit est placé de manière à équilibrer le poids de la jambe. Celle-ci ayant sa Cr plus importante à l'horizontale qu'en oblique, le brin sera dirigé de manière à ce que la Cr issue de la tension du circuit soit le plus proche possible de cette valeur.

En plaçant le brin perpendiculairement lorsque la jambe est horizontale, on atteint ainsi cet objectif. Lors de l'inclinaison du membre, les deux Cr (celle issue du poids de la jambe seule, et celle issue de la tension du circuit secondaire) diminuent quasiment de manière identique.

EXEMPLE 4 : MUSCULATION EN SYNERGIE DES EXTENSEURS ET DES ABDUCTEURS DE LA CUISSE

Il est également possible d'additionner aux montages précédents un circuit supplémentaire dans le but de pouvoir faire effectuer au patient une muscula-

tion plus complète, associant en fin de mouvement d'extension un travail de stabilisation des abducteurs et dynamique des rotateurs internes de la hanche.

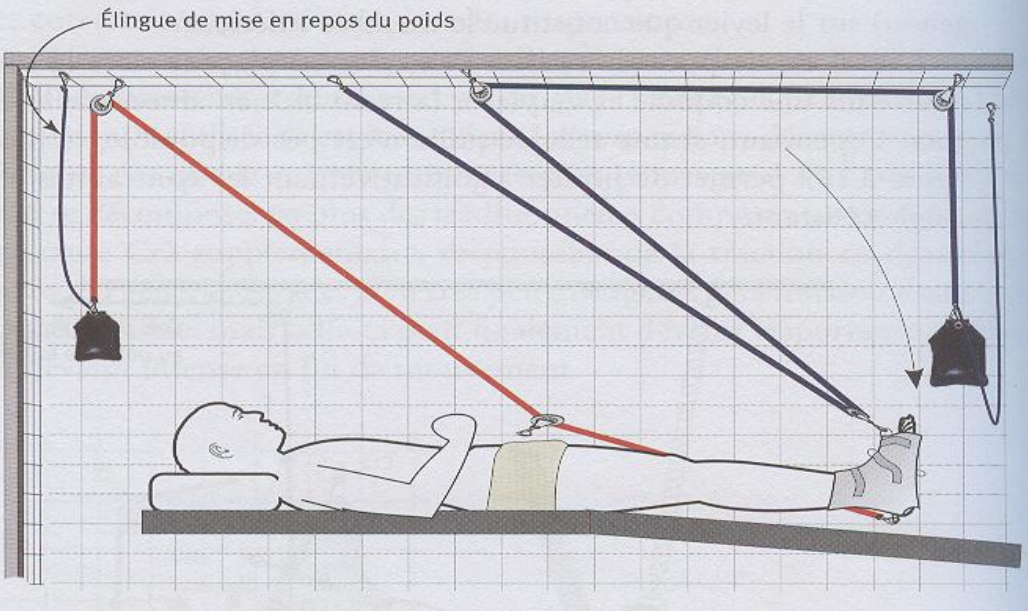


Fig. 3.170 – Circuit associé permettant le travail isométrique des abducteurs lors de l'extension de la hanche.

Voici globalement les caractéristiques du montage. Celui-ci consiste en un circuit entraînant le membre inférieur en flexion, il servira donc à fournir une résistance à l'extension de la hanche. Ce circuit peut également être relié à une sangle supplémentaire à la cuisse. À l'autre extrémité : ressort(s) ou charge(s) selon les critères recherchés.

Un second circuit (en rouge sur le dessin) est destiné aux abducteurs et rotateurs internes. On l'accrochera à l'anneau inférieur de la bottine, puis on le fera diriger vers une poulie placée quelques centimètres au-dessus de la projection de l'axe trans-coxo-fémoral. Lors des derniers degrés d'extension, le circuit se tend et soulève une charge (ou étire un ressort), ce qui oblige un travail stabilisateur des abducteurs dans ce secteur du mouvement.

Bien entendu, ce travail ne sera effectif que si le patient lutte contre la nouvelle résistance en maintenant l'extension du membre dans le plan parasagittal.

Lors de la relevée du membre inférieur, après quelques degrés effectués, ce nouveau circuit se relâche, plus aucune tension n'induit un mouvement d'adduction, et le travail des stabilisateurs prend fin.

Nous avons donc un mouvement qui copie assez bien le jeu musculaire lors de la phase d'appui lors de la marche : extenseurs et rotateurs internes avec une phase de plus en plus intense des stabilisateurs en fin d'extension.

Pour bien saisir le principe de ce second circuit, il faut se rappeler ce que nous avons décrit lors des suspensions obliques ou désaxées. En décentrant la poulie de dérivation vers le haut de l'axe trans-coxo-fémoral, nous créons une suspension axée dans un plan légèrement oblique. Le mouvement du membre inférieur correspondant serait un départ en flexion-abduction et une arrivée en extension-adduction. Or, les consignes données au patient sont de réaliser le mouvement dans le plan vertical parasagittal. La longueur de la « suspension » devient trop courte vers la fin du mouvement, et le circuit doit obligatoirement s'allonger pour obtenir un mouvement vertical, c'est ce qui permet de placer ce circuit en tension, avec une résistance aux abducteurs.

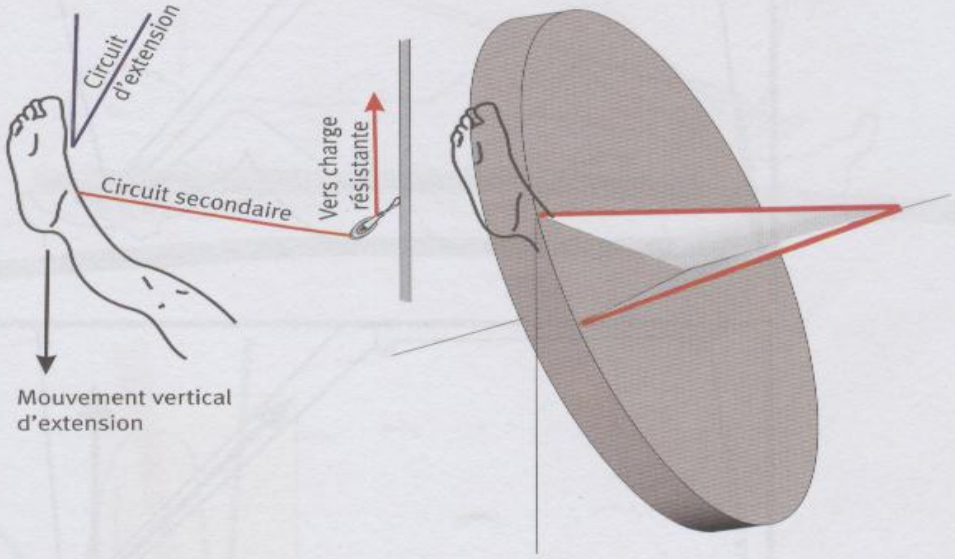


Fig. 3.171 – En maintenant son mouvement vertical pur, le circuit doit gagner de la longueur. Le circuit (rouge) se tendra et pourra donc offrir une résistance aux abducteurs.

Plus on décentrera verticalement la position de la poulie de réflexion, plus importante sera l'inclinaison du plan créé, et plus tôt le circuit se mettra en tension lors du mouvement vertical.

La position idéale sera à rechercher pratiquement au cours de l'installation, en faisant quelques essais.

En effet, beaucoup de paramètres interviennent pour le réglage, dont la longueur du membre inférieur du patient, la distance de la paroi controlatérale, et l'élasticité du circuit.

On pourra faire varier la Cl et la Cr de ce circuit secondaire en écartant davantage le sujet de la paroi controlatérale.

EXEMPLE 5 : MUSCULATION DES EXTENSEURS EN UTILISANT UNE POUSSÉE PÉDESTRE

Examinons à présent un autre montage réalisant le même type de mouvement mais à partir d'une approche différente, celle qui consiste à opposer une résistance aux extenseurs à partir d'une poussée pédestre.

L'avantage est d'être plus proche des conditions d'un mouvement fonctionnel en engendrant une composante longitudinale très prononcée au niveau du membre inférieur, partant de la plante du pied, et dirigée vers la coxo-fémorale (effet proprioceptif).

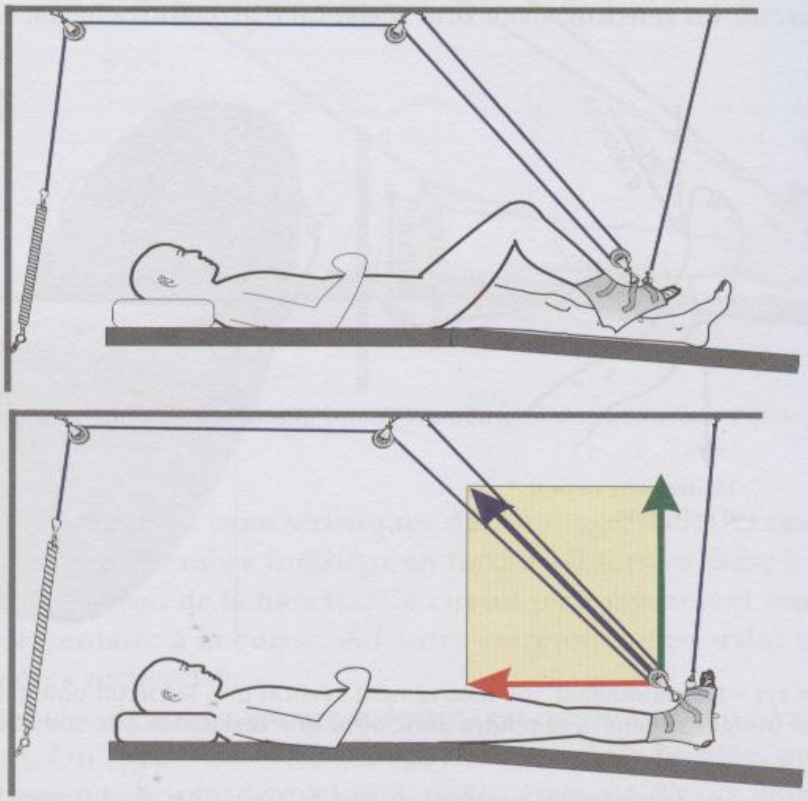
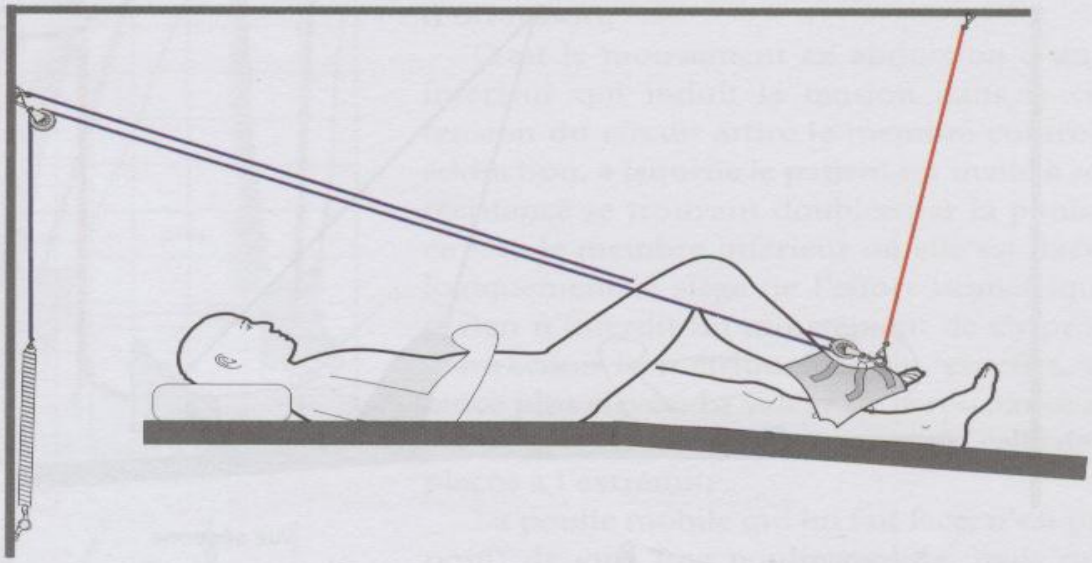


Fig. 3.172 – La composante longitudinale étant relativement importante, le moindre mouvement d'abduction ou d'adduction peut engendrer rapidement une composante latérale accentuant la déviation. Si on veut l'éviter, on préférera une suspension en V au niveau du pied.

Dans cet exemple, l'obliquité du circuit assure une décomposition de forces réparties plus ou moins également. La composante longitudinale entraîne le pied vers la hanche et la composante de rotation tend à entraîner la hanche en flexion. Le patient devra réaliser une contraction des fessiers, conjointement à un travail des ischio-jambiers en élongation au niveau du genou.

La décomposition des forces nous fait apparaître que plus le circuit sera dirigé en arrière et en bas, plus la composante longitudinale l'emportera sur la verticale. La poussée est de plus en plus pédestre.

Toutefois, pour incliner davantage les deux brins, il sera nécessaire d'opter pour un montage en V, symétriquement dans des plans parasagittaux par rapport au membre inférieur, de manière à ce que le genou puisse fléchir entre les deux brins.



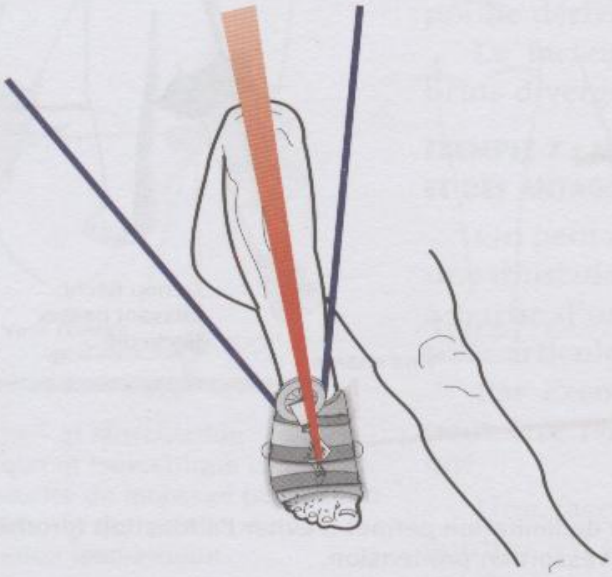


Fig. 3.173 – Le mouvement se fait à partir du pied. Si la poulie est fixée à la bottine à la partie la plus supérieure, le circuit entraîne non seulement la hanche et le genou en flexion, mais également la cheville. Dès lors, on peut demander au patient de réaliser un mouvement d'extension du pied en synergie avec la hanche et le genou.

EXEMPLE 6 : MUSCULATION DES ABDUCTEURS DE LA HANCHE

Une musculation beaucoup pratiquée dans les centres de rééducation concerne les abducteurs de la hanche. En effet, beaucoup d'opérations chirurgicales au niveau du membre inférieur nécessitent une période sans marche, ou sans appui lors de la marche, affaiblissant rapidement ce groupe musculaire.

Selon le patient et la progression de la rééducation, certains montages seront à privilégier, mais dans tous les cas il faudra faire en sorte que la musculation agisse sans entraîner des contraintes dangereuses sur les zones du membre inférieur qui ont fait l'objet des lésions.

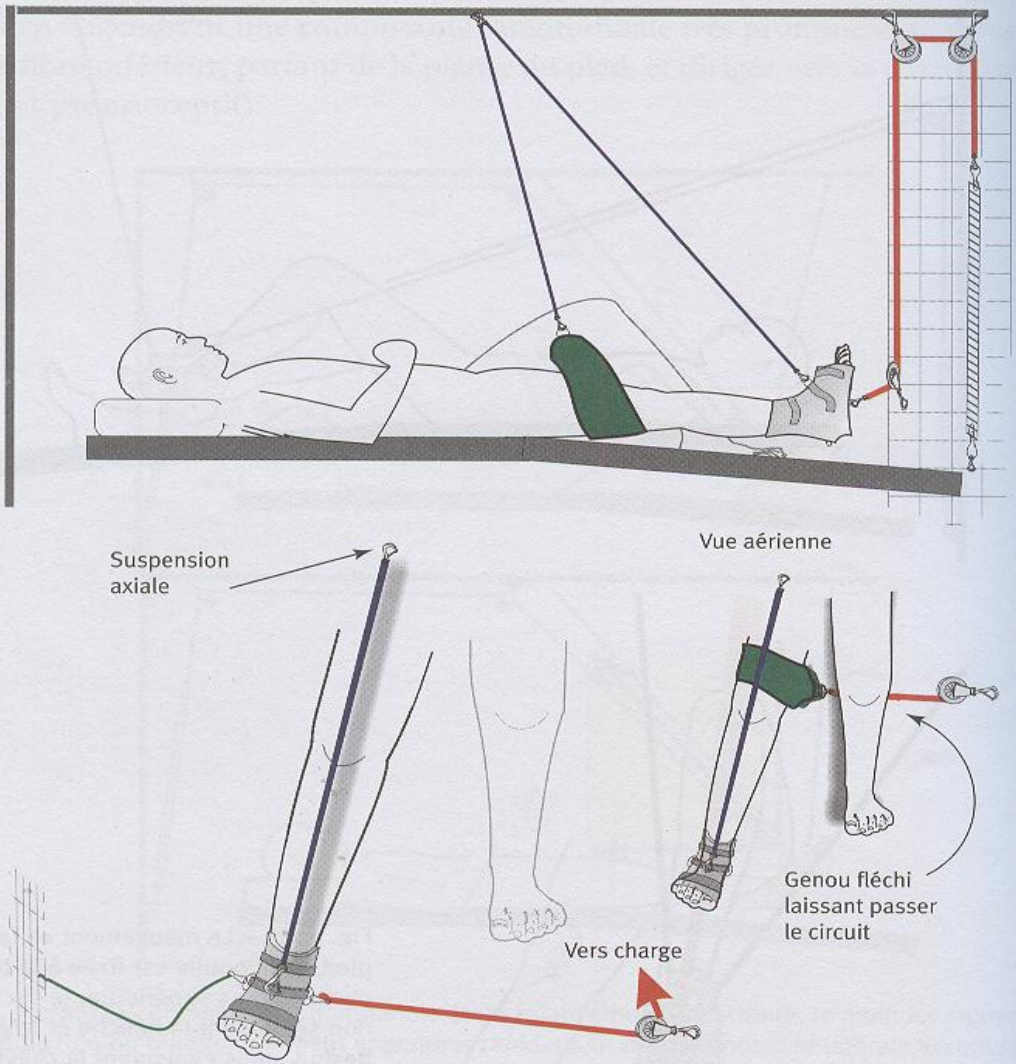


Fig. 3.174 – Si nécessaire, une élingue de limitation permet d'éviter l'adduction (prothèse de hanche), et également de placer le ressort en pré-tension.

Il est possible d'obtenir une musculation combinée sur un mode isométrique d'un côté, et dynamique de l'autre. Nous avons déjà décrit plusieurs de ces montages, où il suffisait de placer un ressort comme intermédiaire dans un circuit en va-et-vient. Ce principe peut être appliqué pour les abducteurs également.

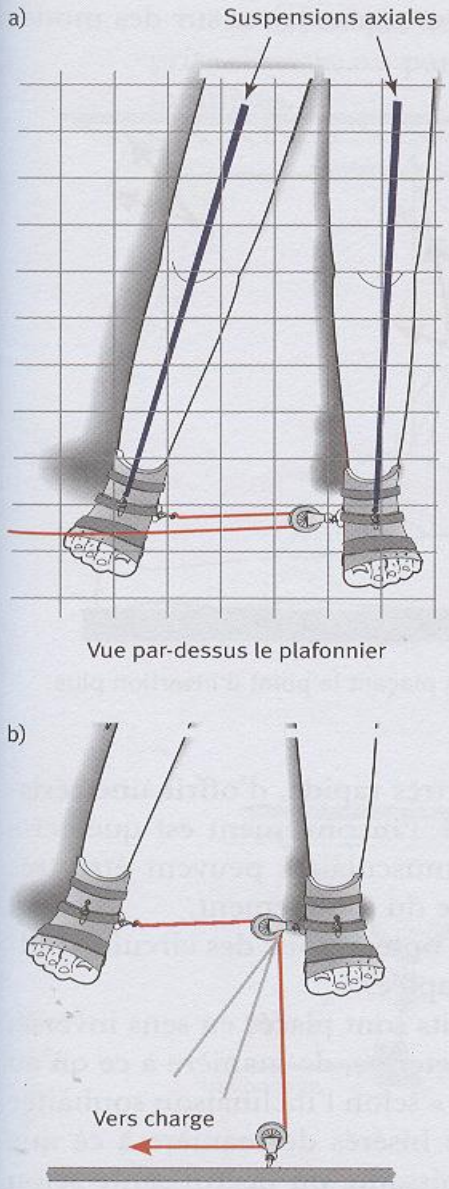


Fig. 3.175 – a) Musculation dynamique et isométrique combinée. – b) Modalité de montage permettant de modifier la charge allouée à la musculation isométrique.

Dans l'exemple de la figure 3.175, le circuit débute sur la face interne d'une bottine, contourne une poulie mobile fixée sur la face interne de l'autre bottine, puis se dirige vers une paroi de la cage pour finalement se terminer par la fixation d'une charge ou d'un ressort.

C'est le mouvement en abduction d'un membre inférieur qui induit la tension dans le circuit. La tension du circuit attire le membre controlatéral en adduction, à laquelle le patient est invité à résister. La résistance se trouvant doublée par la poulie mobile, ce sera le membre inférieur où elle est fixée qui sera logiquement le siège de l'effort isométrique, même si rien n'interdit un mouvement de s'y produire. La contraction isométrique permet, en effet, une résistance plus élevée. La valeur de la résistance accrochée à la bottine terminant le circuit vaut celle de la charge placée à l'extrémité.

La poulie mobile qui lui fait face, n'est pas, de son point de vue, une poulie mobile, mais une simple poulie dérivative.

Le facteur 2/1 peut être modifié en plaçant les brins divergents. À 90°, le facteur est de 1/1.

EXEMPLE 7 : MUSCULATION ALTERNÉE DES AGONISTES ET DES ANTAGONISTES

On peut aussi réaliser des circuits visant à partager une musculation de muscles agonistes et antagonistes à partir d'une position neutre choisie dans l'amplitude articulaire.

Par exemple, un travail des muscles de l'épaule peut être réalisé à partir d'un couché dorsal, bras à 90°.

Une façon de procéder est de placer un circuit comme s'il s'agissait d'un circuit de traction. Celui-ci serait dirigé vers le point neutre à partir duquel la musculation s'exercerait dans différentes directions. Cependant, dans l'exemple de la figure 3.176, la Cr issue du circuit est faible au départ de tous les mouvements qui seraient effectués en toutes directions. On peut y remédier en raccourcissant la distance entre le membre et la première poulie. Ainsi, en plaçant la poignée à quelques centimètres de la paroi, on améliore nettement la Cr. Bien entendu, le bras ne doit pas être nécessairement à

90° au départ. Rien n'interdit de répartir les pistes musculaires sur des modes asymétriques de musculation.

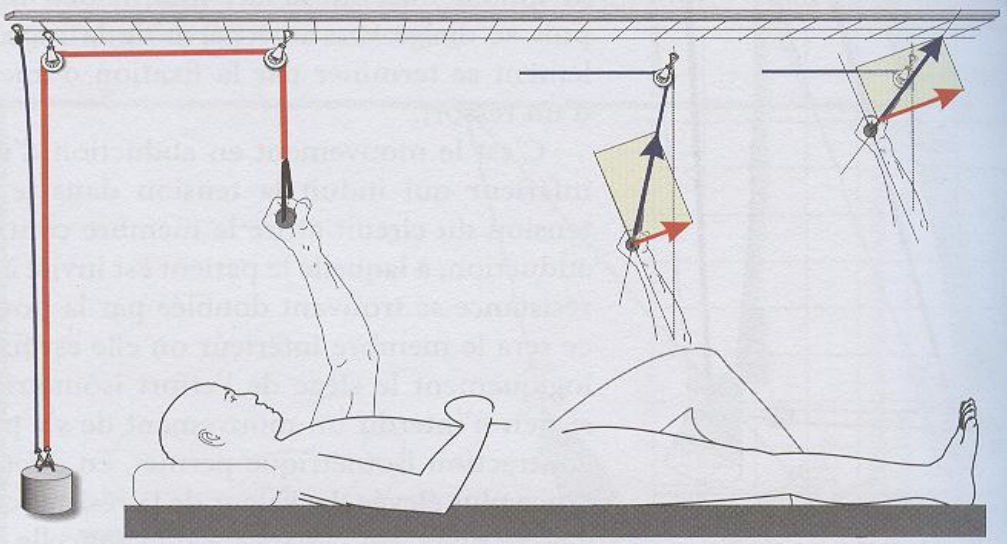


Fig. 3.176 – Cr est plus efficace dans les premiers degrés en plaçant le point d'insertion plus près de la poulie.

Si ce circuit permet, grâce à une installation très rapide, d'offrir une résistance dans différentes directions simultanément, l'inconvénient est que cette résistance est identique alors que les groupes musculaires peuvent être très différemment puissants selon la direction choisie du mouvement.

Si une tension différentielle est souhaitée, on optera pour des circuits multiples lestés individuellement avec les valeurs adaptées.

Dans l'exemple de la figure 3.177, deux circuits sont placés en sens inverse. Des charges sont suspendues à des élingues de retenue, de manière à ce qu'au repos, le bras se situe dans une position « neutre » selon l'inclinaison souhaitée dans l'espace. De plus, les circuits peuvent être insérés de manière à ce que leur direction offre une Cr progressivement croissante ou décroissante selon les objectifs fixés.

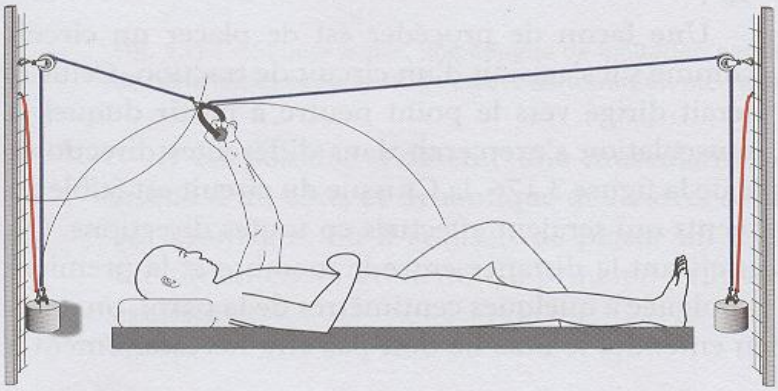


Fig. 3.177 – Circuits combinés permettant la tonification de groupes musculaires différents.

Des montages analogues peuvent être construits à l'aide de ressorts en prise directe, ou par l'intermédiaire de circuits divers. Les combinaisons sont multiples.

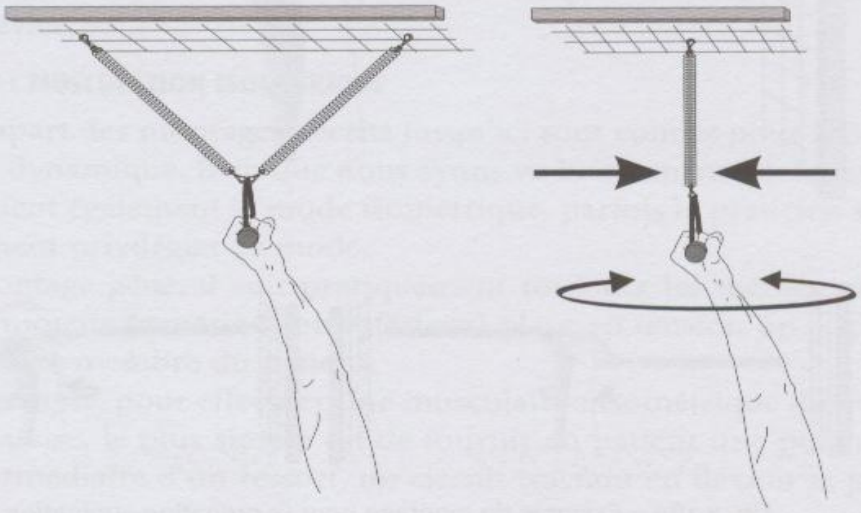


Fig. 3.178 – Montages à l'aide de ressorts.

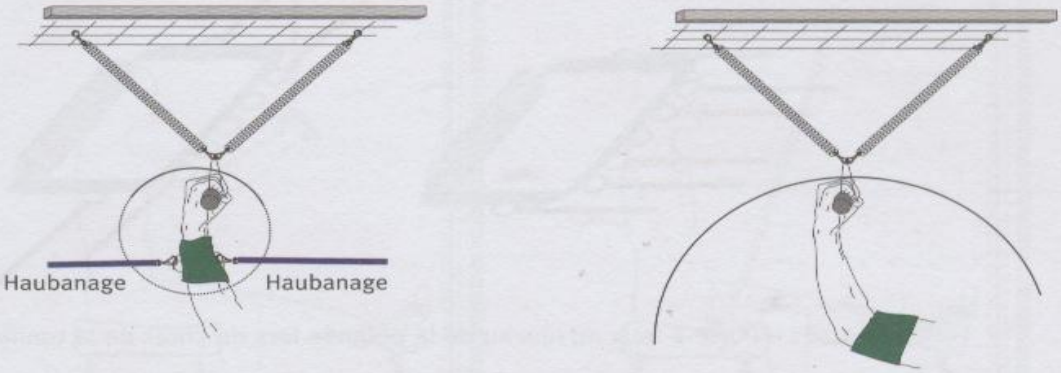


Fig. 3.179 – Flexion-extension du coude et/ou du poignet.

Ce type de montage pourra facilement être reproduit pour des mouvements divers : flexion-extension, abduction-adduction, pronation-supination du poignet, flexion-extension du coude, rotation interne-externe de l'épaule, flexion-extension de l'épaule et bien d'autres.

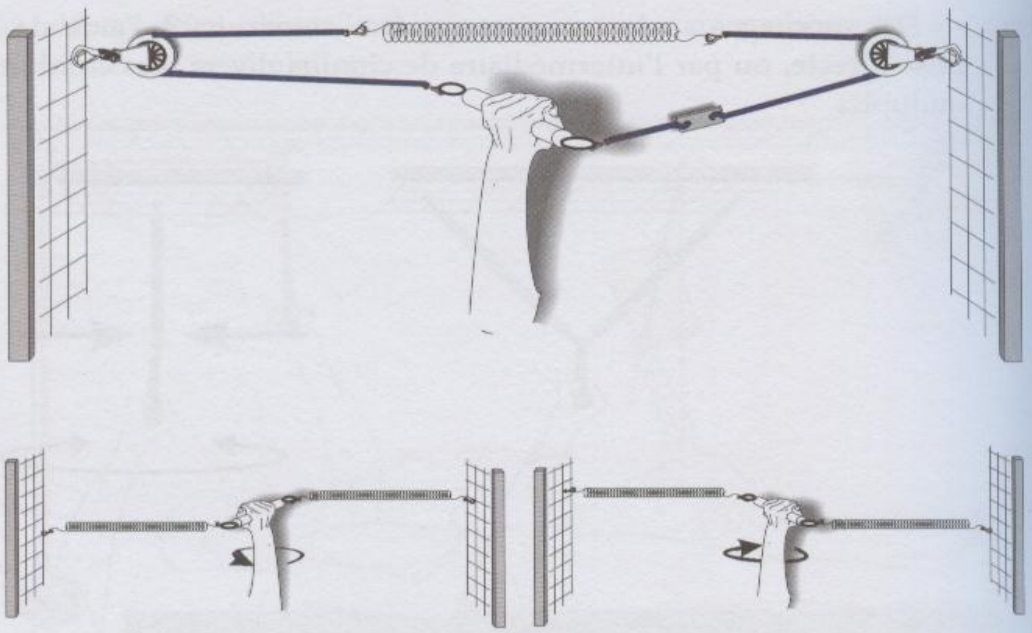


Fig. 3.180 – Exemple de montage pour la pronation-supination du poignet.

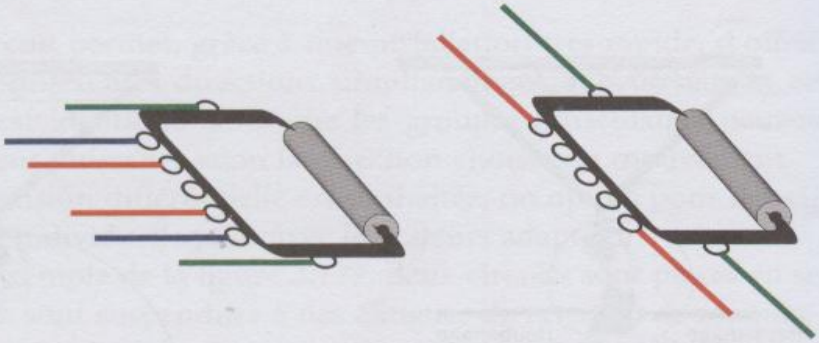


Fig. 3.181 – Porte-à-faux au niveau de la poignée lors du choix de la tonification.

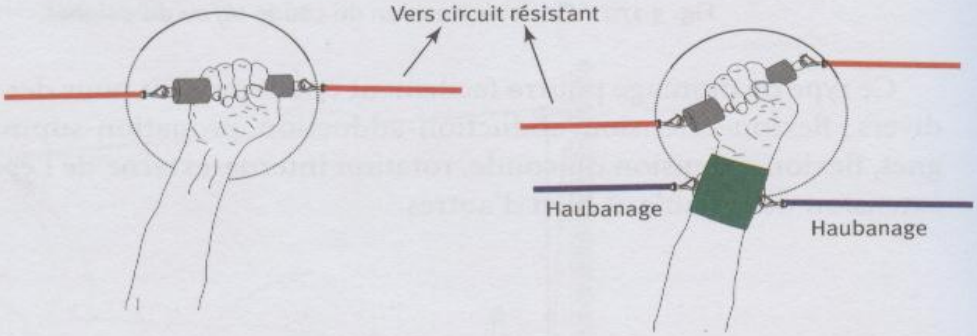


Fig. 3.182 – Abduction-adduction du poignet.

On veillera à éviter les compensations indésirables en assurant les fixations efficaces des parties fixes.

Si on utilise une poignée pourvue de divers anneaux d'accrochage, on pourra créer éventuellement un porte-à-faux qui orientera la résistance et son bras de levier.

EXEMPLE 8 : MUSCULATION ISOMÉTRIQUE

La plupart des montages décrits jusqu'ici sont conçus pour fonctionner sur un mode dynamique. Bien que nous ayons vu brièvement quelques circuits qui permettaient également le mode isométrique, parfois le praticien sera amené à spécialement privilégier ce mode.

Le montage général suit pratiquement toujours les mêmes principes. Un membre moteur (supérieur ou inférieur) place en tension un circuit raccordé vers un autre membre du patient.

Par exemple, pour effectuer une musculation isométrique du quadriceps en position assise, le plus simple est de fournir au patient une poignée qui tend, par l'intermédiaire d'un ressort, un circuit tractant en flexion sa jambe.

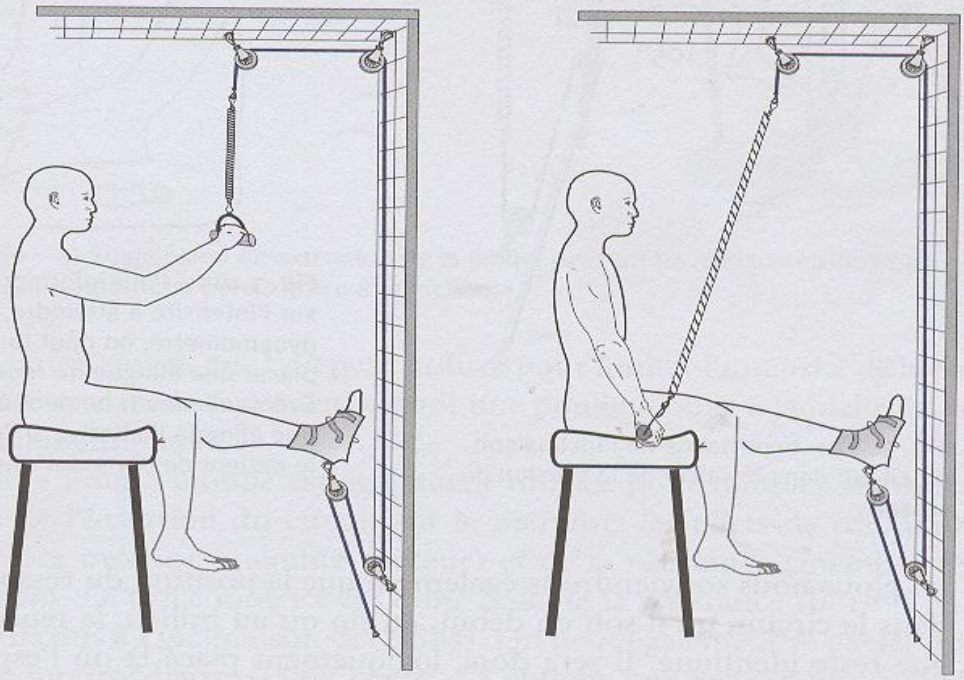


Fig. 3.183 – Musculation isométrique du quadriceps.

Si le mouvement actif sans résistance de la jambe est permis, le patient effectuera dans un premier temps l'extension de sa jambe, puis en abaissant le bras, créera la résistance progressive contre laquelle le quadriceps s'opposera en maintenant la jambe en extension.

Le placement d'une poulie mobile au niveau du segment sollicité permettra de doubler la force du membre moteur.

Si on prend l'exemple d'une installation avec le patient face à une paroi de la cage, avec un circuit qui diverge d'une quinzaine de degrés par rapport à la jambe à l'horizontale, la tension T engendrée par le ressort se répercutera en une Cr qui sera égale à 2 × T.sin 105°, soit 2T × 0,97. Cr vaudra donc quasiment le double de la tension issue du ressort. Nous nous rappellerons que la Cr varie que très peu au voisinage de 90°.

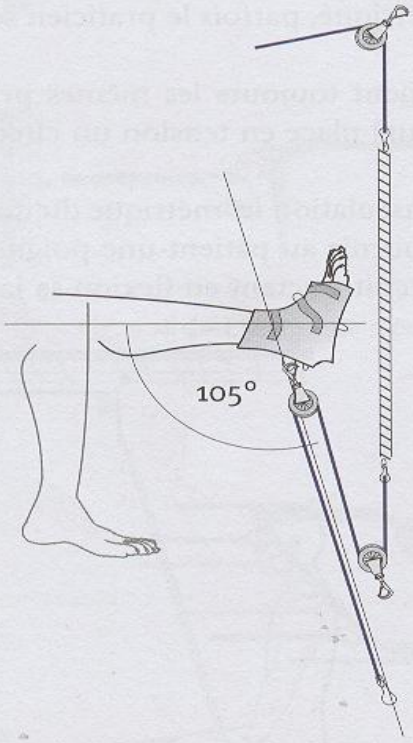


Fig. 3.184 – Importance de l'inclinaison du circuit dans le calcul de la tension du ressort.

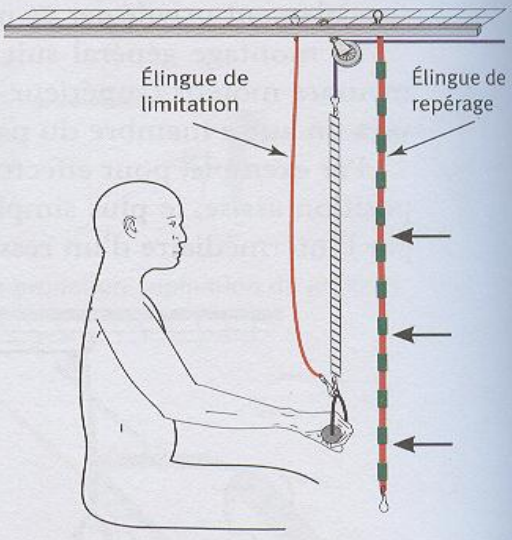


Fig. 3.185 – Pour informer le patient sur l'intensité à atteindre, outre un dynamomètre, on peut tout simplement placer une élingue de repérage. Éventuellement, on peut également utiliser une élingue limitative si l'on veut empêcher le patient de dépasser une valeur donnée.

Nous nous souviendrons également que la position du ressort importe peu dans le circuit, qu'il soit en début, en fin ou au milieu, la tension dans l'élingue reste identique. Il sera donc logiquement placé là où l'espace est le plus disponible.

Un dynamomètre inséré juste au-dessus de la poignée peut s'avérer bien utile lorsqu'il s'agira d'obtenir des valeurs dont le praticien et/ou le patient pourront tenir compte quand des séries seront effectuées avec différentes intensités.

Si l'on veut éviter un mouvement préliminaire de la jambe, il est également possible de suspendre le membre par une élingue. Celle-ci sera réglée de manière à ce qu'elle soit tendue avec quelques degrés de flexion à peine. Au

moment actif de l'exercice, le patient verrouille son genou en extension, puis tend le ressort avec l'abaissement du bras. La musculation isométrique du quadriceps suivra alors les directives du praticien concernant le temps de maintien de l'effort, sa fréquence, son temps de repos, sa progression.

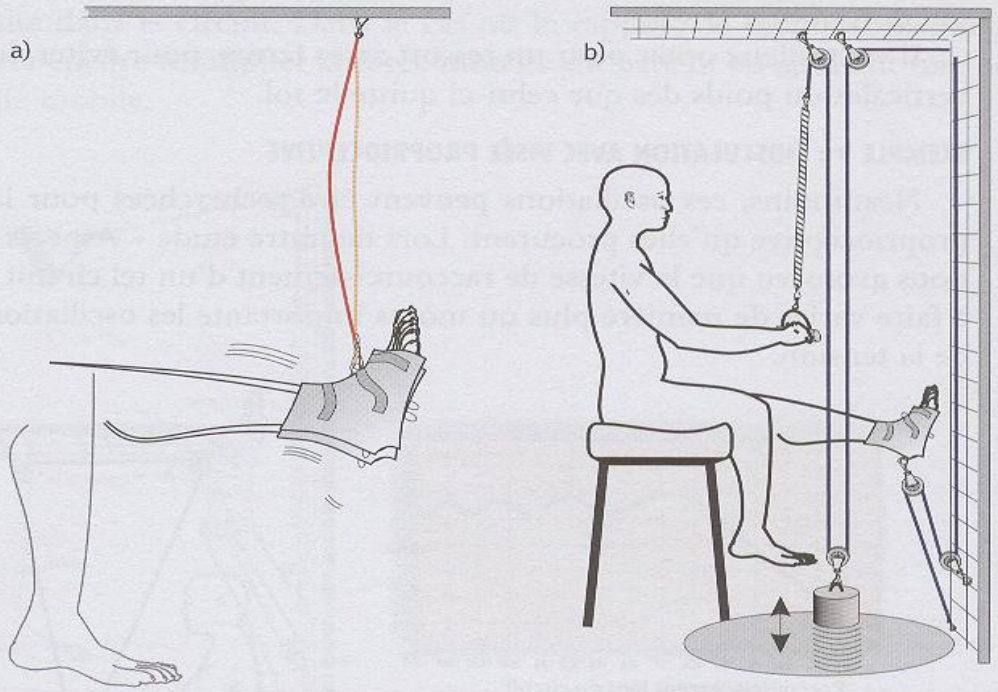


Fig. 3.186 – a) Suspension en extension de la jambe pour un travail isométrique pur. – b) Travail isométrique précis grâce à une charge.

Un autre moyen que l'on peut utiliser pour limiter l'intensité de la résistance est d'insérer dans le précédent circuit une poulie mobile à laquelle on accroche une charge limitative.

Si une poulie mobile est également utilisée pour doubler la résistance au niveau de l'insertion du circuit sur le membre, les effets de (dé)doublement de la force motrice (membre moteur) et de la résistance (membre résistant) s'annulent. La force motrice est donc celle de la résistance (hormis les calculs correctifs dus à l'inclinaison des brins). On peut également se passer du ressort comme intermédiaire, si l'on cherche à obtenir une tension plus immédiate.

L'intérêt d'utiliser un ressort est de pouvoir permettre de moduler à souhait l'intensité de la contraction. Mais que l'on utilise ou non un ressort comme intermédiaire dans le circuit complet comprenant la poulie mobile lestée du poids, la tension dans le circuit sera maximale dès que le poids quittera le sol. Ensuite, si le poids poursuit sa course vers le haut, la tension n'augmentera plus. L'avantage d'utiliser une charge par une poulie mobile sur le parcours du circuit

est de fixer un maximum dans l'intensité de l'exercice. Mais est-il nécessaire de compliquer ainsi le circuit quand une simple élingue de limitation apporte les mêmes avantages ? La réponse mérite d'être nuancée car le praticien et le patient souhaiteraient parfois avoir une visibilité objective de l'effort réalisé. Il est, par ailleurs, plus facile de « tricher » avec un ressort seul qu'avec un poids qui doit quitter le sol.

Il vaut mieux opter pour un ressort assez ferme, pour éviter des oscillations verticales du poids dès que celui-ci quitte le sol.

EXEMPLE 9 : MUSCULATION AVEC VISÉE PROPRIOCEPTIVE

Néanmoins, ces oscillations peuvent être recherchées pour la stimulation proprioceptive qu'elles procurent. Lors de notre étude « Aspects théoriques », nous avons vu que la vitesse de raccourcissement d'un tel circuit est de nature à faire varier de manière plus ou moins importante les oscillations d'intensité de la tension.

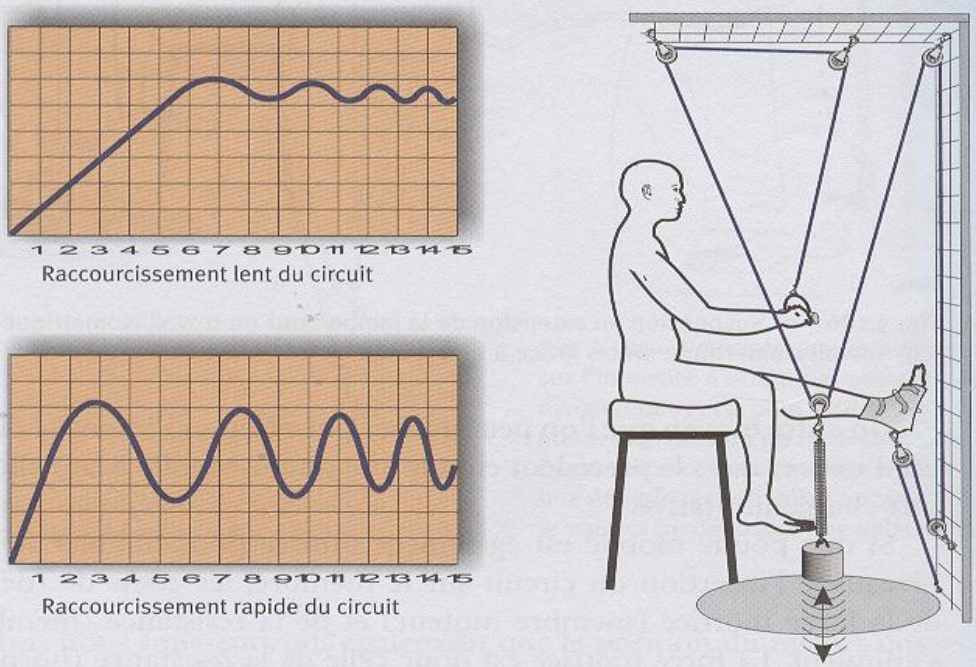


Fig. 3.187 – Raccourcissement du circuit.

Ce type de montage demande une certaine habileté de la part du patient. Si la contraction est trop vive et/ou le ressort trop élastique, le poids pourrait suivre une trajectoire erratique. Un placement en V large des brins limitera les oscillations latérales indésirables. Notons que le ressort peut être placé à l'intérieur du circuit ou être accroché à la poulie mobile. Dans ce dernier cas, l'effet d'oscillation du ressort sera divisé par 2.

EXEMPLE 10 : UTILISATION DE POULIES MOBILES POUR MAJORER LA RÉSISTANCE DANS LE CIRCUIT

Si l'effet proprioceptif n'est pas recherché, le ressort sera supprimé ou tout simplement remplacé par un dynamomètre comme intermédiaire accroché au-dessus de la poignée. Il permettra de connaître la valeur de la résistance induite dans le circuit. Dans le cas où le rapport de force est insuffisant, on pourra encore multiplier la force motrice du patient en ajoutant une nouvelle poulie mobile.

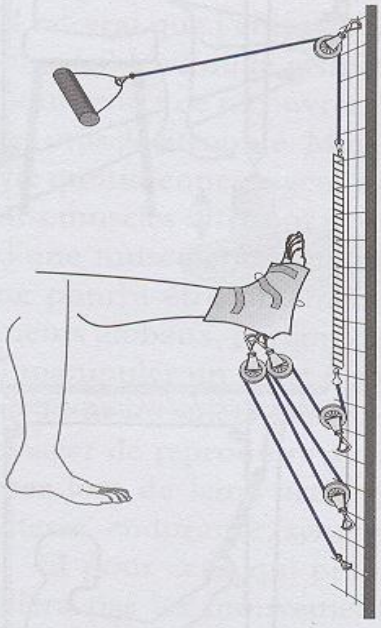


Fig. 3.188 – La tension du circuit peut être multipliée à souhait. Chaque brin (ici 4) transmet la résistance vers la bottine.

EXEMPLE 11 : MUSCULATION EN ÉLONGATION

Ce type de montage permet également d'effectuer une musculation dynamique en élongation. Lorsque le poids est en position haute, à partir de la position d'extension de la jambe, le patient est invité à verrouiller le genou, puis à défléchir lentement le genou, tout en s'opposant à la tension existante du circuit. Le poids entame lentement sa descente vers le sol. En fin de flexion, le patient relève le bras afin de laisser déposer le poids sur le sol, le muscle pouvant ainsi aborder sa phase de repos, avant de recommencer un cycle.

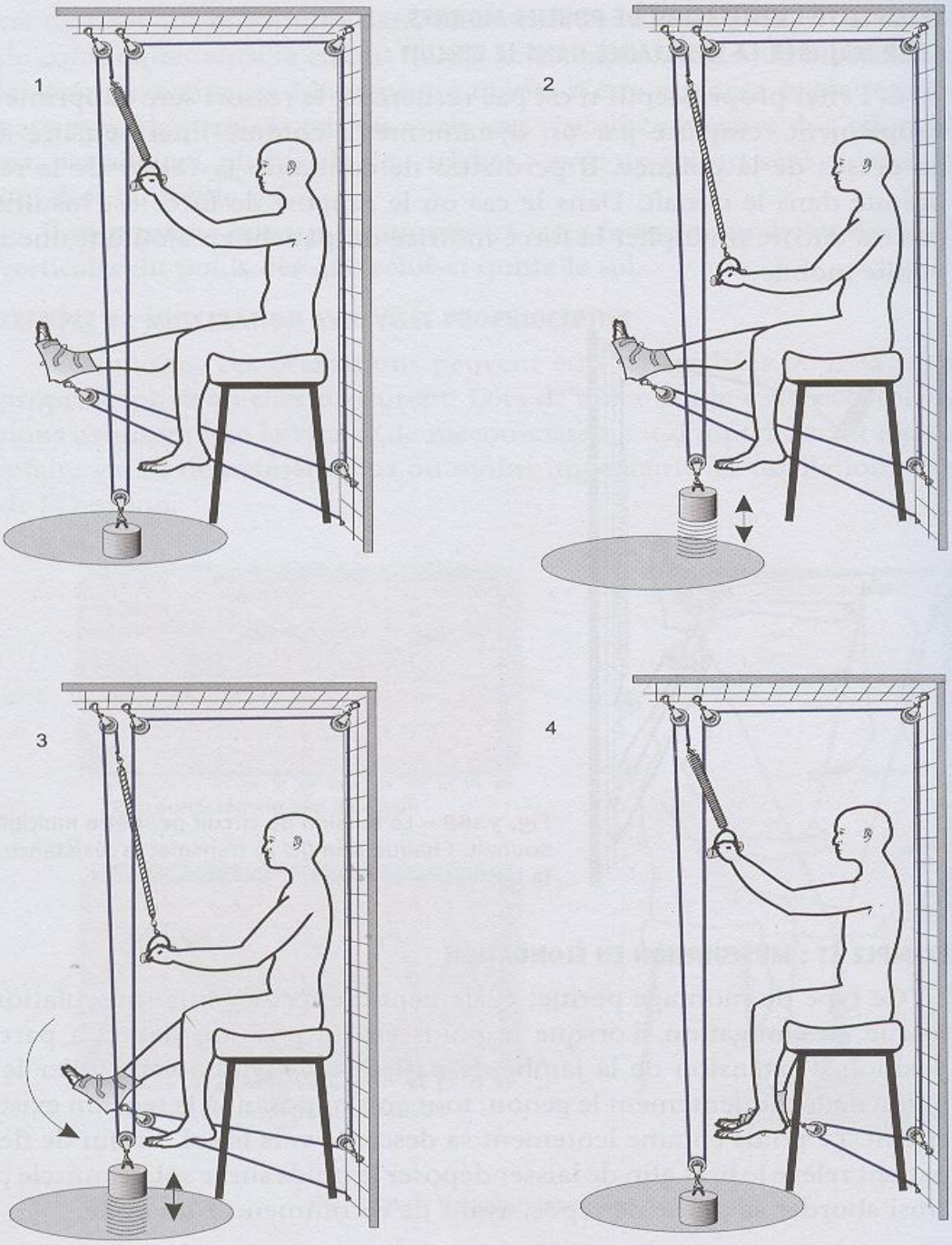


Fig. 3.189 – 1. Mise en extension de la jambe. Pas de tension dans le circuit, poids au sol. 2. Mise en tension du circuit par abaissement du bras, le poids se soulève. 3. Musculation en élongation du quadriceps. Le bras reste en position pour maintenir la tension dans le circuit. 4. Fin du mouvement, le poids au sol annule la tension du circuit. Au besoin, le patient peut relever le bras pour relâcher la tension.

LES CIRCUITS UTILISÉS POUR LA MUSCULATION FONCTIONNELLE

Enfin, nous terminerons ce manuel en rappelant la nécessité de recourir dans la mesure du possible à des montages fonctionnels. En effet, les circuits que nous avons décrits visent le plus souvent une mobilisation ou une musculation analytique, même si nous avons vu qu'il était parfaitement possible de provoquer des synergies musculaires intéressantes.

Bien entendu, si ces montages ont été réalisés, c'est parce qu'ils répondaient à une nécessité temporaire, quand une affection ou une lésion empêchait, souvent provisoirement, le travail complet d'une chaîne articulaire et musculaire. Il est vrai que l'efficacité d'une telle chaîne peut être entravée par le maillon le plus faible, d'où la justification pertinente d'utiliser des techniques analytiques pour tenter de recouvrer l'amplitude de telle articulation enraidie, ou la force de tel muscle atrophié. Mais ceci étant, il ne faudra pas oublier que les actes de la vie quotidienne exigent un travail global des articulations et des muscles. Ainsi, nos muscles offriront peut-être une belle allure esthétique lorsqu'ils bénéficient d'une musculation intense, tout le travail analytique précédemment effectué ne pourra être utilement finalisé s'ils ne sont pas exercés dans des mouvements globaux, partant des orteils jusqu'au bout des doigts lorsque nous avons à manipuler un objet à partir de la position debout.

Pour les sujets exerçant encore des activités professionnelles, il faudra aussi essayer de reproduire au mieux le type d'activité musculaire qu'ils ont à assumer lors de leurs activités : position de travail, direction des mouvements, vitesse, endurance, synergies utilisées, aspects proprioceptifs.

Et pour ceux qui prendront le temps nécessaire à la prévention, on n'oubliera pas les mouvements qui tendent à équilibrer les chaînes musculaires, parfois rétractées ou trop asymétrisées de par la répétition excessive de gestes professionnels ou sportifs.

La plupart des exercices visant une rééducation fonctionnelle se réaliseront en position debout. On cherchera la position la plus adéquate par rapport à la cage pour effectuer le mouvement.

L'espalier avec son avancée de plafonnier est également très utile lorsqu'il s'agit d'effectuer des mouvements où les membres supérieurs doivent partir ou arriver en position haute.

Une multitude d'exercices sont possibles. Il suffit de placer les poulies de manière à privilégier le mouvement dans une direction donnée.

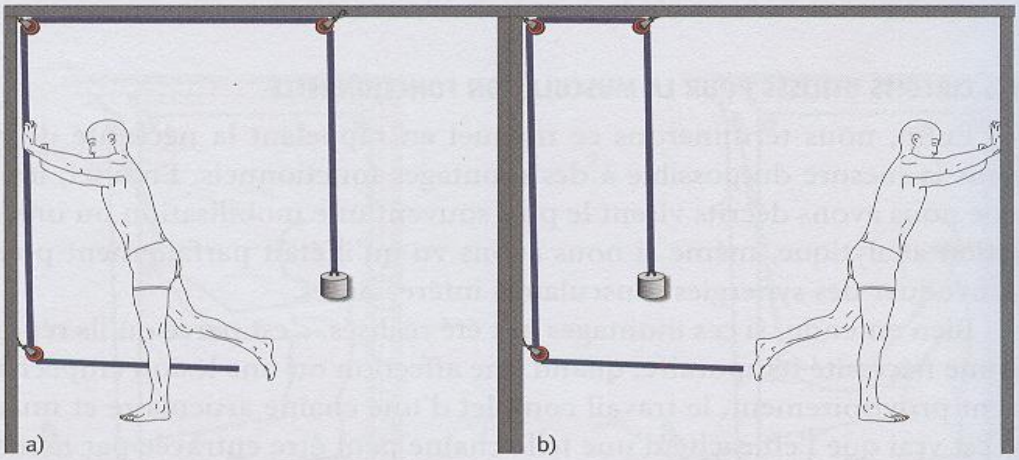


Fig. 3.190 – a) Musculation en extension du membre inférieur. – b) Musculation en flexion du membre inférieur. L'exercice peut connaître plusieurs variantes :
– séries avec différents degrés de flexion du genou ;
– séries avec des composantes latérales pour un travail synergique des adducteurs ou des abducteurs ;
– sangle au niveau de la cheville ou du pied selon la participation souhaitée.

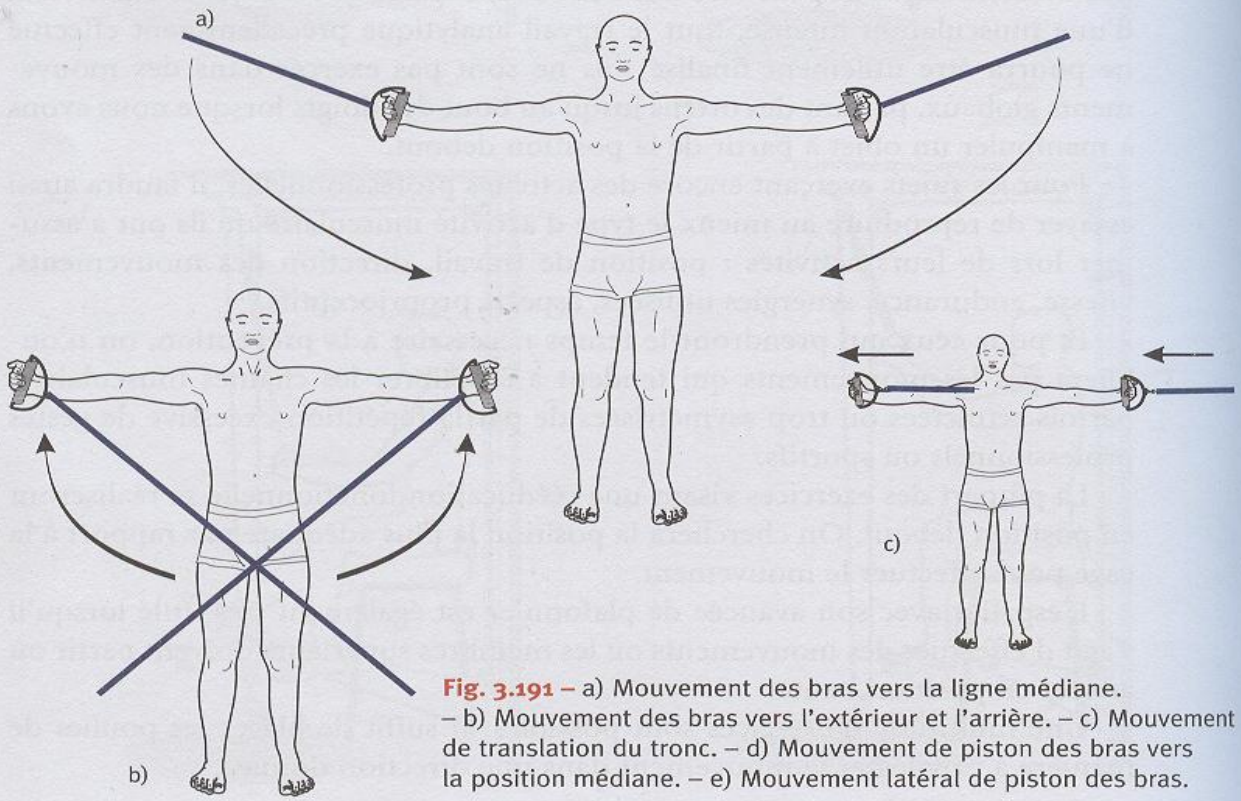
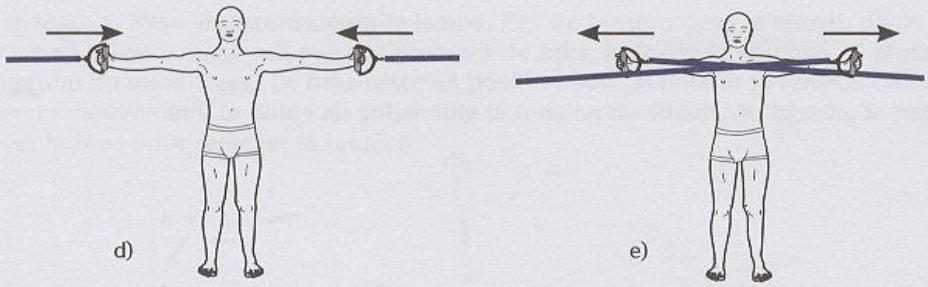


Fig. 3.191 – a) Mouvement des bras vers la ligne médiane. – b) Mouvement des bras vers l'extérieur et l'arrière. – c) Mouvement de translation du tronc. – d) Mouvement de piston des bras vers la position médiane. – e) Mouvement latéral de piston des bras.



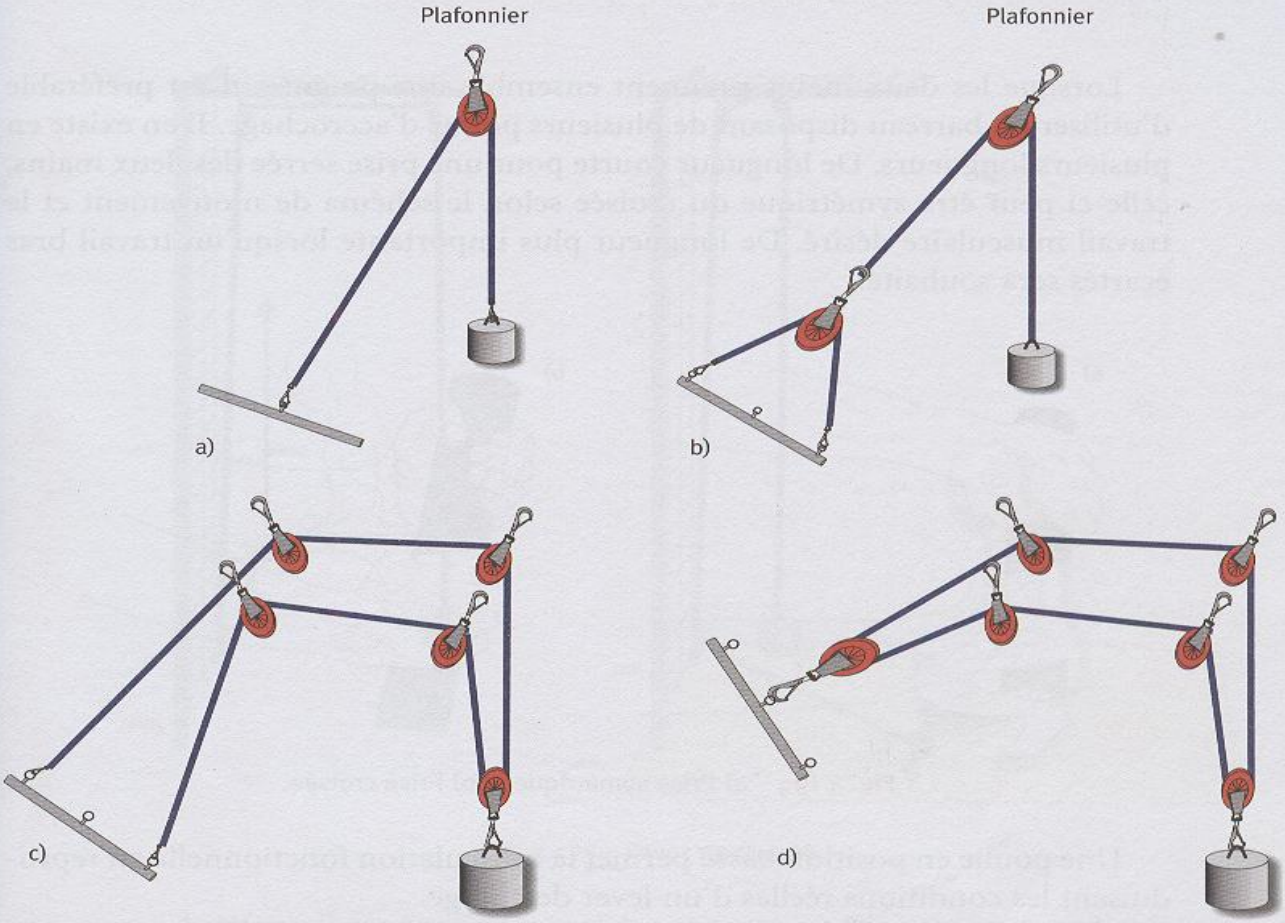


Fig. 3.192 – a) Barreau pour prise à deux mains. Simple circuit. – b) Une poulie derrière le barreau permet d'assurer une même résistance à chaque extrémité. – c) Le circuit doublé permet d'appliquer des charges plus intenses. Une poulie mobile au milieu du circuit permet d'équilibrer la tension aux extrémités. – d) Même circuit doublé avec utilisation d'une poulie mobile derrière le barreau pour prise centrale.

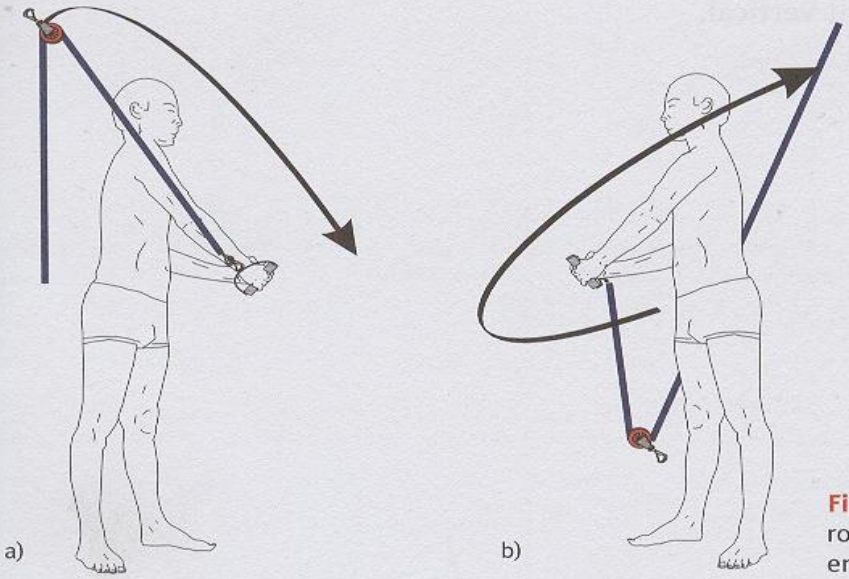


Fig. 3.193 – a) Mouvement en rotation vers le bas. – b) Mouvement en rotation vers le haut.

Lorsque les deux mains prennent ensemble une poignée, il est préférable d'utiliser un barreau disposant de plusieurs points d'accrochage. Il en existe en plusieurs longueurs. De longueur courte pour une prise serrée des deux mains, celle-ci peut être symétrique ou croisée selon le schéma de mouvement et le travail musculaire désiré. De longueur plus importante lorsqu'un travail bras écartés sera souhaité.

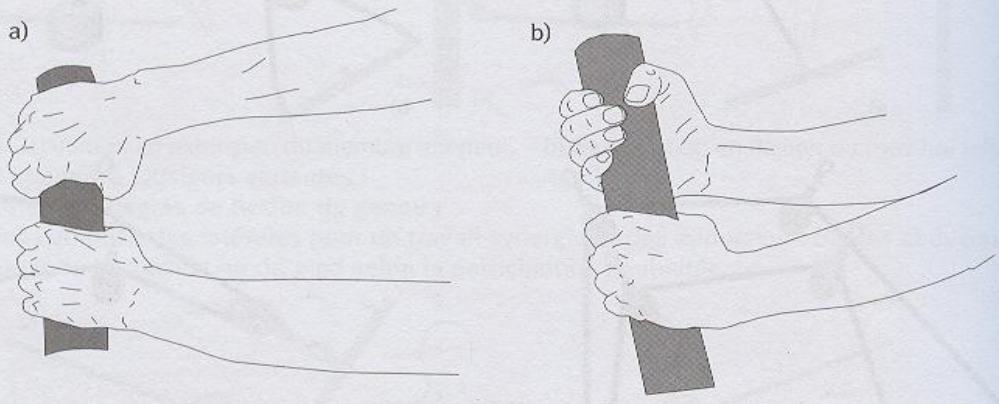


Fig. 3.194 – a) Prise symétrique. – b) Prise croisée.

Une poulie en position basse permet la musculation fonctionnelle en reproduisant les conditions réelles d'un lever de charge.

Selon le réglage en longueur du circuit, l'extension du tronc, associée à celle des hanches, des genoux et des chevilles, s'effectuera à partir de différentes hauteurs.

Lever d'une charge. Si l'on cherche une situation comparable au lever d'une charge à partir du sol, l'idéal est de pouvoir utiliser une poulie fixée au sol, afin d'avoir un mouvement vertical.

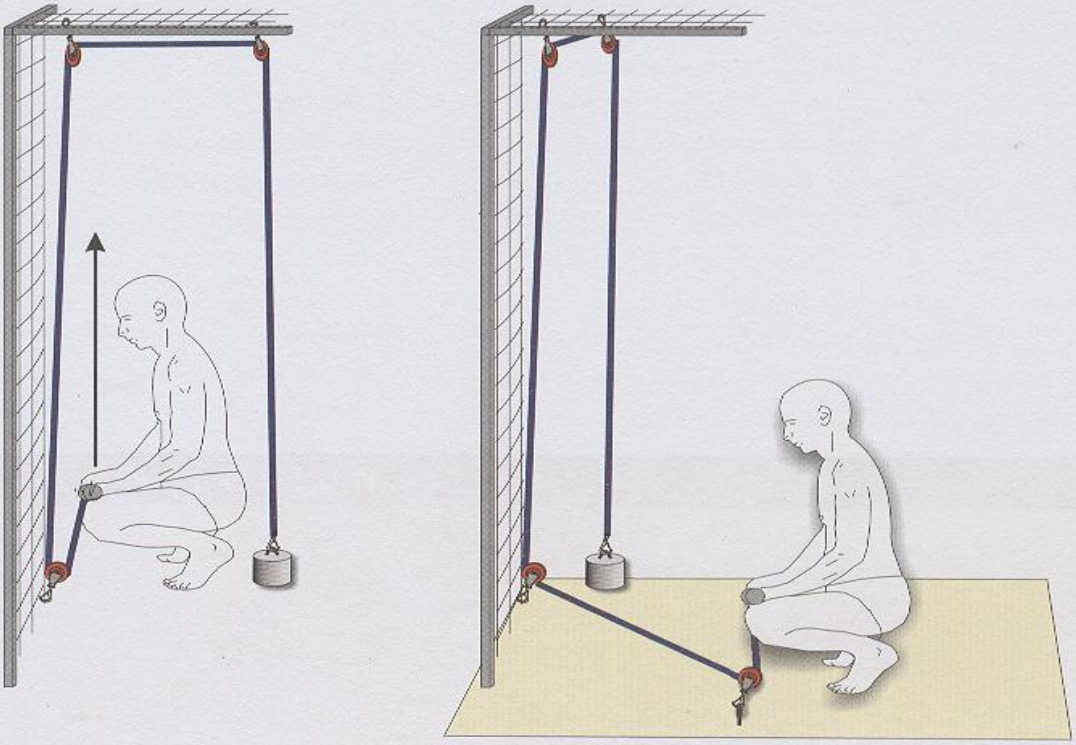


Fig. 3.195 – Lever de charge.

À défaut d'une fixation au sol, le patient peut se mettre perpendiculairement à une extrémité d'une paroi de la cage, le pilier entre le genou. Une fixation supplémentaire tout en bas du pilier facilitera la mise en place d'une poulie le plus bas possible.

CONCLUSION

Nous avons vu, tout au long de ce manuel, que les montages que nous pouvons pratiquer à l'aide des divers accessoires constituent des aides non négligeables pour notre pratique quotidienne.

S'il est vrai qu'au premier abord le son métallique qui résonne lors de l'installation des circuits et la vue des panneaux grillagés ne sont pas pour donner une impression très rassurante au patient, nous savons qu'il n'en est rien et que, au contraire, ce matériel nous permet de faire effectuer toute une gamme de mouvements répondant à des exigences de précision, de sécurité, de progression, que la seule mobilisation manuelle ne pourrait pas toujours obtenir.

Nous avons aussi pu remarquer le champ extrêmement vaste dans lequel les montages trouvent leur place : prise de mesures biométriques ; suspensions déclives, suspensions neutres, facilitantes, résistantes, souples, tractantes, délestantes ; circuits mobilisants, circulatoires, musclants (en mode concentrique, d'élongation, ou isométrique), stimulations proprioceptives ; sans oublier leur intérêt dans les techniques de relaxation, aussi bien pour son apprentissage que pour son évaluation.

Bref, les montages ne sont pas destinés à remplacer maladroitement le kinésithérapeute, mais à offrir un complément particulièrement utile à l'obtention de résultats que l'on souhaite les meilleurs possibles dans tout traitement.

Nous espérons que les bases que nous avons décrites pourront inspirer tous les praticiens de l'appareil locomoteur.

ANNEXES

COMPLÉMENTS

LA FIXATION DE LA CAGE

Lorsque la cage est soumise à de fortes sollicitations, il vaudra mieux la fixer aux murs environnants. En ce qui concerne les panneaux grillagés verticaux, une stabilisation au niveau de la partie inférieure apporte déjà une consolidation appréciable. Si le montant de structure du panneau n'est pas pourvu d'un passage approprié pour la vis de fixation, un orifice de 8 à 10 mm sera recommandé. On peut utiliser une vis type tire-fond (*cf.* figure A.1) qui permet la fixation directe à travers le montant vers une cheville dans le mur. Généralement, il vaut mieux accorder un petit espace entre le mur et le montant. Cela permet de pouvoir laisser la plinthe souvent présente au bas du mur, et aussi de laisser le montant de la cage libre par rapport aux défauts éventuels du mur (qui n'est ni toujours plan, ni vertical).

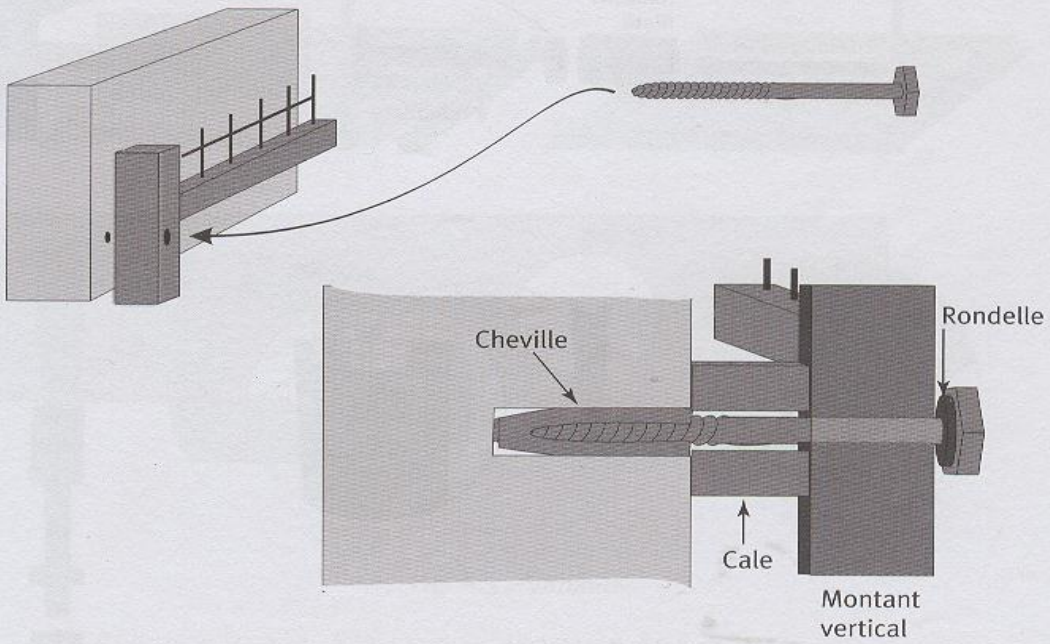


Fig. A.1 – Fixation de la cage aux murs.

L'espace libre est aussi parfois intéressant lorsqu'il faut faire passer des câbles électriques derrière la cage.

En utilisant le tire-fond, on utilisera une rondelle entre la tête (souvent hexagonale) de la vis et le montant de la cage. On peut aussi ajouter un anneau en caoutchouc entre la tête et la rondelle pour laisser un peu d'élasticité au niveau du joint.

Une autre méthode de fixation consiste à utiliser une vis-raccord. Celle-ci est de type vis à bois (ou à cheville) d'un côté, et de type fileté de l'autre (pour écrous). Ceci permet de pouvoir désolidariser la cage (lors d'un démontage temporaire) sans à devoir défaire la fixation principale dans le mur. Un raccord se fixe alors sur le filet de la vis, ce qui permet d'unir directement le montant de structure de la cage vers le raccord par l'intermédiaire d'une vis filetée à tête plate. Cette formule permet aussi des fixations plus longues, et un verrouillage par écrous intermédiaires. À défaut de posséder une vis suffisamment longue, on peut utiliser une tige filetée, de taille standard ou coupée sur mesure que l'on fixera à l'aide d'un écrou de terminaison en cupule.

Si la tige filetée est coupée sur mesure, il vaut mieux insérer quelques écrous sur la tige avant la coupe, de manière à pouvoir, par des petits mouvements de rotations progressifs, reconstituer le filet endommagé à l'endroit de la coupe de scie. Ce même type d'union peut être utilisé en cas de fixation au plafond.

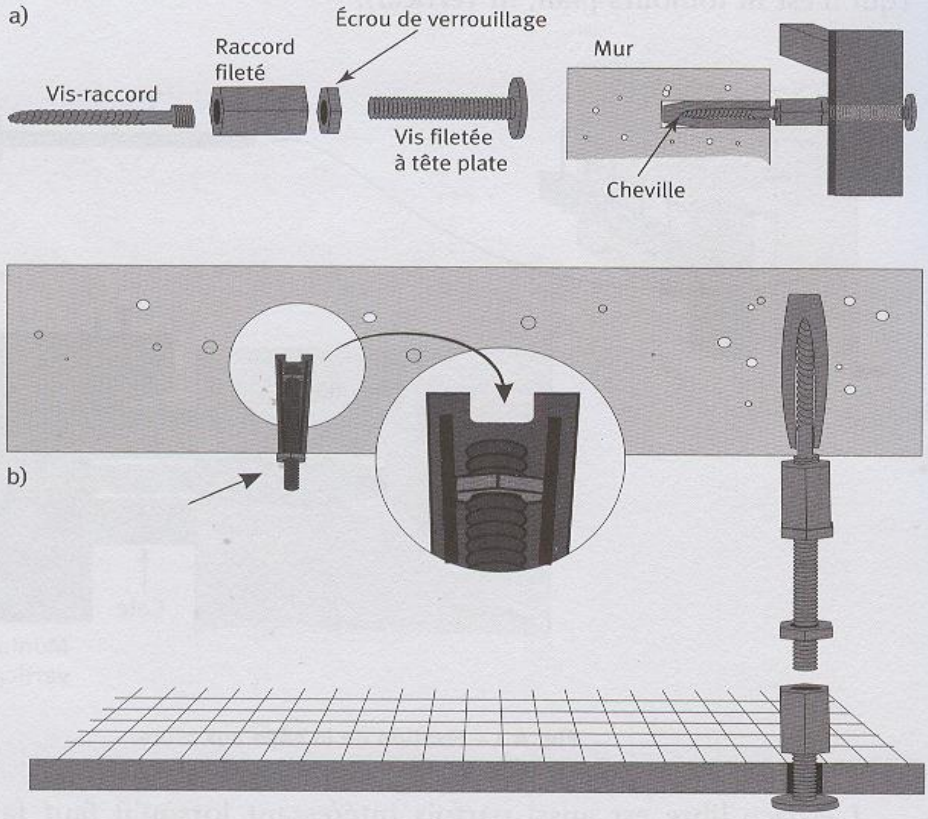


Fig. A.2 – a) Fixation pour hourdis. En tournant la tige filetée dans le sens des aiguilles d'une montre, l'écrou supérieur écarte les bras d'une cheville métallique, assurant ainsi le serrage dans le béton (et rend sa descente impossible). b) Fixation de la cage au plafond.

La fixation au plafond est nécessaire pour les petites cages en L lorsqu'on ne désire pas utiliser la consolidation en biais prévue à cet effet. Elle sera de toute façon indispensable pour les grandes cages en L.

La suspension peut se faire au niveau du profilé unissant les deux panneaux du plafonnier ou à travers l'un des montants, près du coin extérieur (*cf.* figure A3). La tige filetée permet alors, grâce au raccord, de désolidariser la cage en cas de déplacement temporaire. Il suffira de desserrer les écrous de verrouillage et de faire quelques tours au niveau du boulon-raccord afin que celui-ci se déplace au-dessus ou au-dessous du raccord, séparant ainsi en deux parties la tige de suspension.

Pour des raisons esthétiques, il vaut mieux faire en sorte de placer le raccord le plus près possible par rapport au montant horizontal du plafonnier de la cage. La tige filetée pourra être aussi insérée dans un tube en PVC peint selon la couleur désirée.

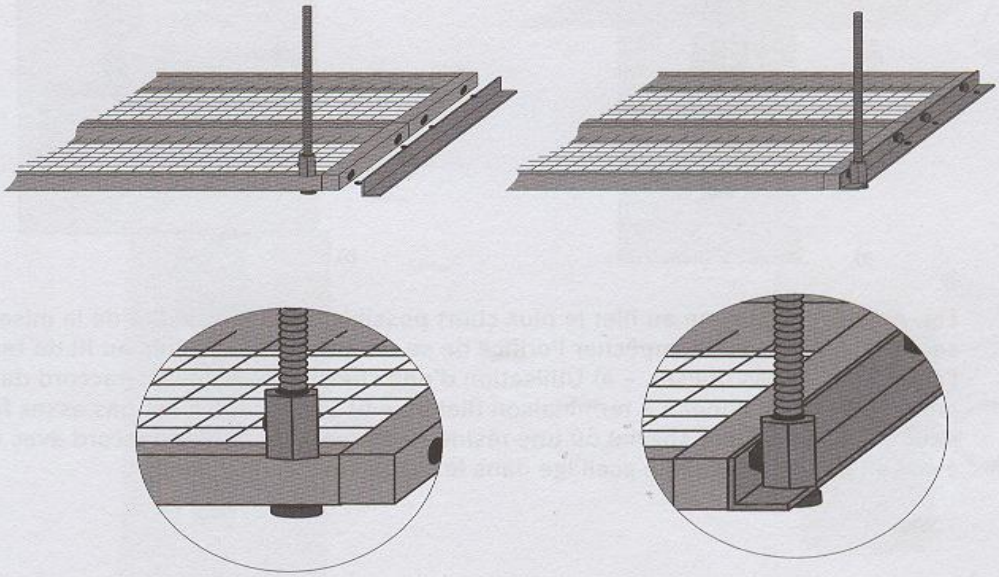


Fig. A.3 – Variantes.

LE JOKER

Ce montant vertical peut être placé à certains endroits prévus à cet effet, dans le but d'offrir un ou plusieurs points possibles pour un accrochage d'une poulie ou d'une élingue, ce qui permet de compléter un circuit.

Il convient particulièrement pour les cages en L. Nous avons vu que cette configuration est très confortable en offrant un vaste espace autour de la table. Étant donné qu'il n'est pas très fréquent, pour un praticien seul, de nécessiter une cage en U, le joker peut être une solution très pratique.

Il suffit de prévoir un ou plusieurs orifices au sol qui permettra d'insérer une colonne par l'intermédiaire d'un ergot à la partie inférieure. La partie supérieure, quant à elle, sera pourvue d'un orifice dans lequel pourra se loger une tige de fixation, glissée à partir du profilé faisant partie du plafonnier de la cage. On peut aussi faire en sorte que l'orifice au sol puisse servir de fixation pour l'attache d'une poulie (très utile dans les circuits de musculation à partir de la position au sol).

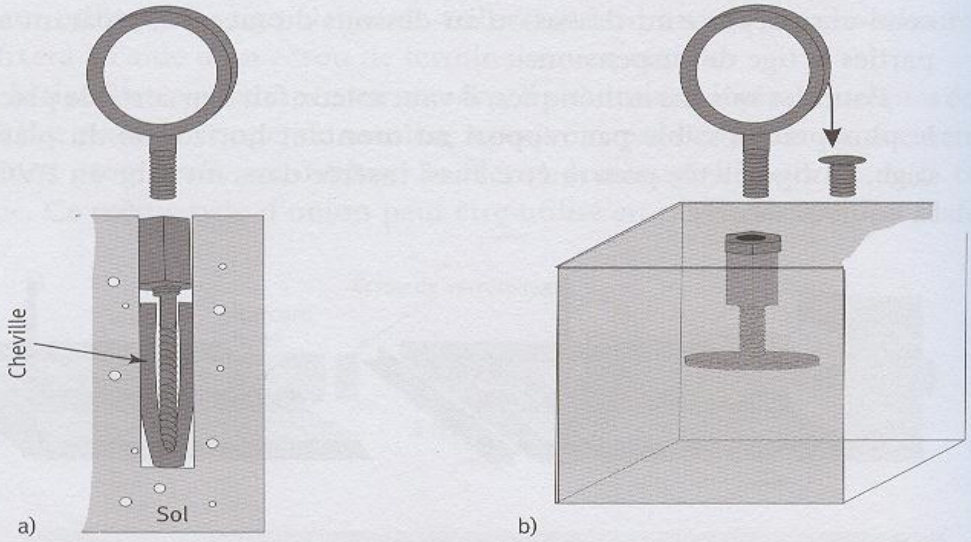


Fig. A.4 – Un capuchon au filet le plus court possible (pour la rapidité de la mise en place) sera placé si l'on veut empêcher l'orifice de se remplir de poussières au fil du temps (lorsque l'anneau n'est pas utilisé). – a) Utilisation d'une cheville avec une vis-raccord dans laquelle peut s'insérer un anneau à terminaison filetée. – b) Si la chape n'est pas assez ferme, on peut couler un ciment spécial ou une résine renfermant un boulon-raccord avec une extrémité évasée (afin d'améliorer le scellage dans le moule formé).

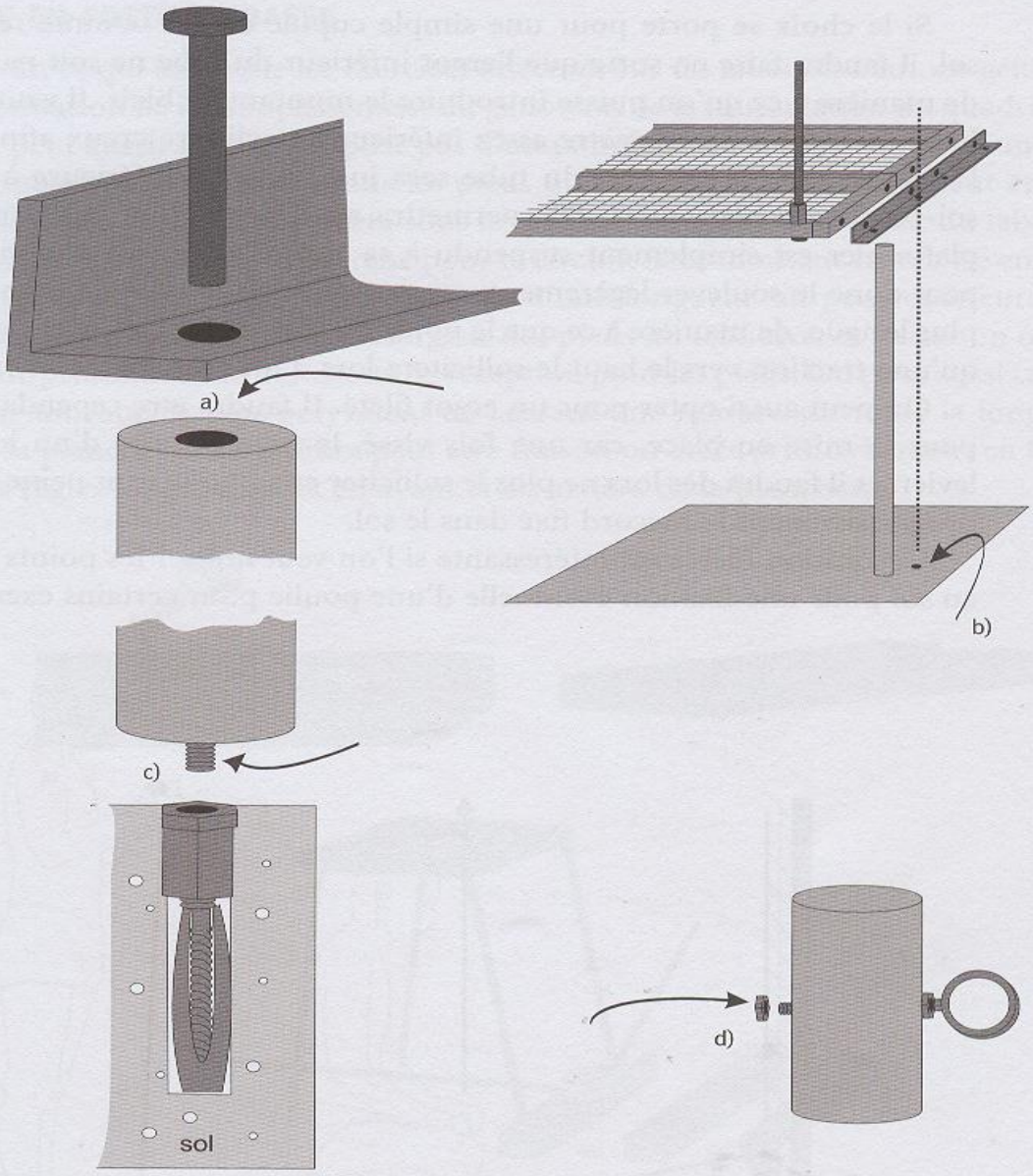


Fig. A.5 – a) Un orifice prévu dans la partie supérieure du tube permettra une fixation suffisante par l'introduction d'une simple tige traversant le profilé du plafonnier. – b) Les points inférieurs seront placés à l'aplomb de leur homologue au niveau du plafonnier. – c) Un ergot simple scellé dans la partie inférieure du tube pourra convenir. On utilisera un ergot fileté à visser en quelques tours dans le raccord au sol si le tube est soumis à des sollicitations trop intenses vers le haut lors de certains exercices. – d) Les différents anneaux, prévus pour l'accrochage des accessoires, peuvent être soudés sur le tube, ou fixés en les faisant traverser la structure pour les boulonner par l'arrière. On préférera une tête arrondie pour éviter tout accident.

Si le choix se porte pour une simple cupule creuse comme réceptacle au sol, il faudra faire en sorte que l'ergot inférieur du tube ne soit pas trop long, de manière à ce qu'on puisse introduire le montant en biais. Il vaut mieux utiliser un ergot d'un diamètre assez inférieur au cylindre creux afin de faciliter la manœuvre. La hauteur du tube sera juste un peu inférieure à la distance sol-profilé du plafonnier, cela permettra aussi de faciliter le placement. Si le plafonnier est simplement suspendu à sa tige dans le vrai plafond, et qu'on peut donc le soulever légèrement, on peut prévoir le tube de manière un peu plus longue, de manière à ce que le poids du plafonnier l'empêche de sortir dès qu'une traction vers le haut le sollicitera lors d'un exercice.

On peut aussi opter pour un ergot fileté. Il faudra être cependant soigneux pour la mise en place, car une fois vissé, le tube dispose d'un long bras de levier, et il faudra dès lors ne plus le solliciter en oblique sous peine de desceller progressivement le raccord fixé dans le sol.

La solution filetée est intéressante si l'on veut utiliser les points disponibles au sol pour une fixation éventuelle d'une poulie pour certains exercices.

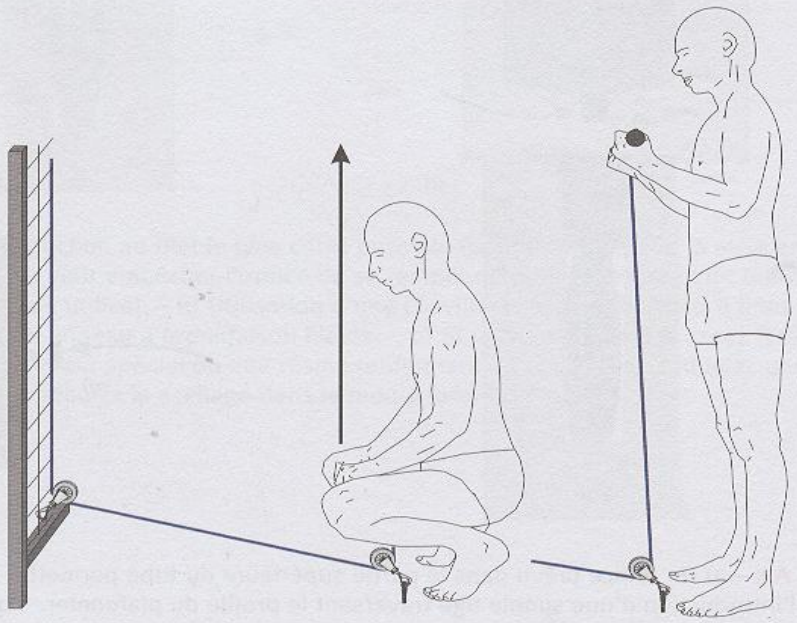


Fig. A.6 – Fixation au sol.

LA POULIE EN POSITION BASSE

En ce qui concerne les exercices effectués sur un tabouret haut, en général à destination de l'assouplissement du genou ou de la musculation du quadriceps, on peut aussi, si on ne dispose pas d'un point fixe au sol, faire appel à un petit montant que l'on fixera sous les pieds du tabouret. Ce montant peut être en bois ou en métal. Il se placera sous les pieds à l'avant ou à l'arrière du tabouret selon l'angle optimal recherché pour le circuit. Si ce montant est réalisé en bois, il suffira de faire couper un chevron d'une longueur un peu supérieure à la distance correspondante à la largeur des pieds du tabouret, et fraiser un orifice à mi-profondeur aux endroits de réception pour les pieds. On peut aussi concevoir un modèle plus polyvalent en laissant une rainure sur toute la longueur de la planchette. La rainure peut être fraisée, ou créée artificiellement en fixant des règles longitudinales en avant et en arrière de la planchette.

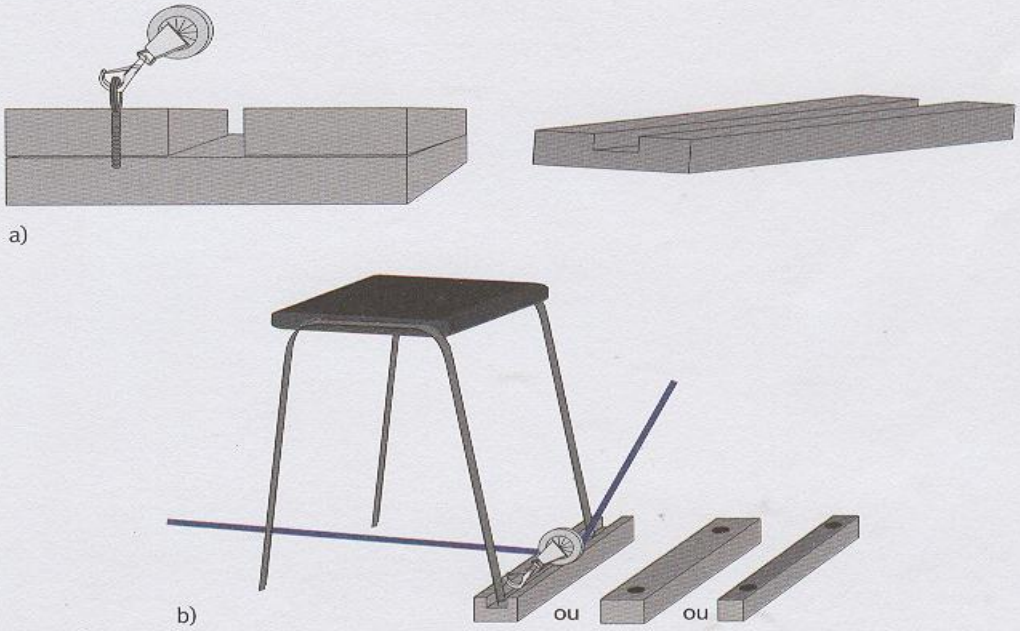


Fig. A.7 – a) Rainure artificielle. Fixation de deux planches sur une base. Les anneaux peuvent être de type vis à bois. Le type fileté, boulonné par en dessous, offre une sécurité maximale. – b) Rainure creusée.

Un montant métallique sera moins encombrant. Dans ce cas, le plus facile est d'utiliser les montants vendus en grande surface qui sont prévus pour être bouchonnés à leurs extrémités par des clips en plastique. Les anneaux peuvent être soudés à la structure métallique, ou boulonnés en travers des orifices que l'on aura pratiqués dans la structure. Les orifices destinés aux pieds seront naturellement un peu plus difficiles à obtenir sans outillage spécifique.

MONTAGES, SUSPENSIONS ET CIRCUITS EN KINÉSITHÉRAPIE

À l'opposé de l'image parfois répandue de techniques manquant de sensibilité, les différentes options offertes par les suspensions et les circuits permettent, bien au contraire, d'étoffer efficacement l'arsenal thérapeutique du praticien dans des domaines aussi variés que la kinésithérapie, la psychomotricité, l'ostéopathie ou la relaxation, ceci non en les remplaçant, mais en s'y intégrant.

S'il est exact que les divers montages n'ont parfois pour but que de permettre au patient de compléter une séance par des exercices réalisables sur un mode autonome, ils peuvent aussi agir en symbiose à l'occasion d'un geste nécessitant une « troisième main ». Les circuits qui sont dotés d'un intermédiaire souple (ressort) procurent des sollicitations aux tensions si parfaitement progressives, qu'elles rendent particulièrement efficaces les gestes alloués aux harmonisations articulaires ou des assouplissements divers. De même, ils constituent un outil effectif ou de contrôle en relaxation.

Par ailleurs, des montages simplifiés méritent d'être largement diffusés, car ils autorisent la pratique d'exercices réalisables en chambre d'hôpital ou à domicile, et offrent des bénéfices inestimables tant du point de vue de la rééducation que de l'action circulatoire dans de très nombreuses situations.

La pédagogie de l'ouvrage satisfera aussi bien l'étudiant que le praticien expérimenté.

ISBN : 978-2-224-03228-9

9 782224 032289

Photo de couverture : © Irena Misevic/Fotolia.com

www.maloine.fr